

**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua  
Recinto Universitario Rubén Darío  
Unan Managua  
R.U.R.D.**



**Facultad de Ciencias e Ingenierías  
Ingeniería Civil.**

**Trabajo Monográfico para optar al título de ingeniero civil:  
Fabricación de bloques usando como Agregado la piedra pómez.**

**Presentado por:**

- ❖ **Elmer Arce Ruiz.**
- ❖ **Yasser Jesús Arrechavala Molina.**
- ❖ **Carlos Uriel Mendoza Membreño.**

**Tutor:                   Ing. Adolfo Cordero Andrade.**

**Managua, 18 de junio del 2009**

## **Agradecimientos**

Primeramente al Ing. Gerardo Mayorga, por sus valiosas sugerencias, recomendaciones y por la bibliografía que muy gentilmente y con un desinteresado entusiasmo puso a su disposición.

Al laboratorio de Ingeniería de Mecánica de Suelo (I.M.S.) en lo personal al Ing. Vladimir Zelaya, por habernos facilitado el equipo y personal de laboratorio para efectuar los ensayos requerido al material estudiado en la presente monografía.

Al Ing. Vladimir Tercero gerente técnico de la empresa Concretera Total, por su valiosa cooperación en la fabricación del bloque y ensayos respectivo a lo que fueron sometido dichos bloques.

Expresamos nuestra gratitud a la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN – MANAGUA), a la facultad de ciencia e ingeniería y a los maestros que la integran. Por la formación recibida y con especial atención al Ing. Adolfo Cordero, quien fue nuestro tutor, con sus conocimientos y larga experiencia en la docencia y la práctica de esta noble profesión nos guió en esta ardua tarea que nos permite llegar a cabo felizmente la obtención de nuestro título en Ingeniería Civil.

Finalmente a todas aquellas personas amigas que de una u otra manera cooperaron con realización de la presente monografía.

## *Dedicatoria*

*A Dios Padre* todo poderoso que desde el principio me ha guiado y cuidado como a una de sus pequeñas ovejas durante todas y cada una de las etapas de mi vida.

*A mi padre Denis Arce* que con su espíritu fuerte me ha enseñado que la voluntad debe ser inquebrantable y nunca hay que rendirse ante la adversidad.

*A mi madre Herminia Ruix* que con su gran amor a mí siempre me ha cuidado como a uno de sus tesoros velando por mí en mis decaídas compartiendo risa y júbilo en mis logros así como lágrimas en mi tristeza por sobre todo nunca me ha abandonado y siempre está ahí para mí.



*A mis hermanas Deyanira y Francis Arce Ruix que con todo su cariño y paciencia encuentran siempre las palabras para recuperar mis ánimos y fuerza que me hacen seguir adelante.*

*A mis compañeros de monografía Yasser y Carlos los cuales a pesar de las múltiples complicaciones que atravesamos en la realización de este estudio, nunca se rindieron y me daban los ánimos para hacer lo mismo.*

*A todo y cada uno de mis seres queridos que con comprensión y apoyo incondicional han hecho de este reto un logro realizado.*

*Gracias a todos este triunfo también es suyo.*

*Br.: Elmer Arce Ruix*



## *Dedicatoria*

*A Dios omnipotente, quien siempre me guía y bendice al brindarme la oportunidad de vivir para hacer realidad una meta más en mi vida, sobre todo el brindarme las energías y la constancia para alcanzar este objetivo.*

*A mi madre Teresa Molina Corea quien me ha brindado su amor, comprensión y apoyo, esforzándose para ver el fruto de su vida en mi persona, animándome cada día a dar lo mejor de mí.*

*A mi compañeros de monografía Elmer y Carlos que vencieron los obstáculos y se alimentaron de voluntad para no rendirse en el camino y culminar con éxito este reto en nuestras vidas.*

*Br. Yasser Arrechavala Molina*

## *Dedicatoria*

*A Dios todo poderoso por darme el don de la vida y la sabiduría para llegar a esta preciosa etapa de mi vida, a su hijo Jesucristo por haberme amado tanto y al Espíritu Santo por guiarme, protegerme y cuidarme a cada instante de mi vida.*

*A mis padres Candida Membrero y Carlos Mendoza por el amor que me han brindado y el apoyo incondicional para formarme como profesional, felizmente Ingeniero Civil.*

*A mi familia por brindarme su apoyo en los momentos de alegría y tristeza.*

*A mis compañeros de monografía Elmer y Yasser por la dedicación y empeño empleado para la culminación de esta monografía.*

*Br. Carlos Uriel Mendoza M.*

## **Reglamento del régimen estudiantil**

### **Art.45**

El Trabajo Monográfico es una forma organizativa del proceso de enseñanza y aprendizaje en el que se vinculan la teoría con la práctica y cuyo objetivo es la adquisición de conocimientos científico-técnicos; el desarrollo de habilidades y la formación de hábitos necesarios para la preparación del profesional que demanda el desarrollo económico y social del país permitiendo profundizar, consolidar e integrar contenidos del plan de estudio.

**INDICE**

<b>Contenido</b>	<b># Pág.</b>
<b>Capítulo I: Generalidades</b> .....	1
I.1. Introducción .....	1
I.2. Antecedentes.....	3
I.3. Justificación .....	7
I.4. Planteamiento del problema .....	8
I.5. Objetivos .....	9
I.6. Hipótesis .....	10
I.7. Alcances y Limitaciones del Estudio .....	11
<b>Capítulo II: Marco Teórico.</b> .....	12
II.1. Generalidades. ....	12
II.2. Concreto común.....	12
II.2.1. Concreto ligero.....	14
II.2.2. Tipos de concreto ligero .....	16
II.2.3. Características del concreto ligero .....	17
II.3. Agregados.....	17
II.3.1. Agregado grueso .....	18
II.3.2. Agregado fino .....	18
II.3.3. Definición de arena .....	19
II.3.4. Propiedades de las arenas .....	19
II.3.4.1. Propiedades físicas.....	19
II.3.4.2. Propiedades químicas.....	19
II.3.5. Substancias perjudiciales en las arenas .....	20
II.4. Tipos de agregados ligeros.....	20
II.4.1. Piedra pómez.....	23
II.4.1.1. Propiedades funcionales del agregado ligero (piedra pómez).....	24
II.4.1.1.1. Durabilidad.....	24
II.4.1.1.2. Absorción del agua .....	25
II.4.1.1.3. Penetración de la lluvia.....	26
II.4.1.1.4. Propiedades acústicas.....	26



II.5. Diferentes pruebas a que se someten los agregados finos .....	27
II.5.1. Análisis granulométrico.....	27
II.5.1.1. Granulometría (A.S.T.M. C-136).....	28
II.5.2. Modulo de finura.....	32
II.5.3. Pesos volumétricos (A.S.T.M. C-29).....	32
II.5.4. Gravedad específica.....	33
II.5.4.1 Gravedad específica o peso específico (A.S.T.M. C-128).....	34
II.5.5. Agua libre y absorción (A.S.T.M. C-128).....	35
II.6. Significado de las pruebas .....	37
II.7. Cemento Portland .....	38
II.7.1. Composición de los cementos Portland.....	38
II.8. Definiciones generales sobre bloques .....	41
II.8.1. Bloques de Concreto .....	41
II.8.2. Características.....	41
II.8.3. Clasificación .....	42
II.8.4. Clasificación de bloque de concreto según la A.S.T.M. ....	43
II.8.5. Clasificación de bloques de concreto según las normas Británicas .....	46
II.8.5.1. Requisitos de la resistencia del bloque de concreto para las normas Británicas .....	47
II.8.5.2. Densidad del bloque ligero según normas Británicas .....	48
II.8.6. Propiedades físicas de los bloques .....	48
II.8.6.1. Modulación.....	48
II.8.6.2. Acabado y Apariencia.....	49
II.8.6.3. Absorción del bloque .....	50
II.8.6.4. Curado .....	51
II.8.6.4.1. Tipos de curado .....	51
II.8.6.5. Almacenamiento.....	54
II.9. Diseño de la mezcla .....	54
II.10. Agregados y su granulometría.....	61
II.11. Trabajabilidad de la mezcla y contenido de agua .....	62
II.12. Resistencia a la compresión y proporciones de la mezcla .....	64



<b>Capítulo III: Diseño metodológico</b>	67
III.1. Generalidades	67
III.2. Toma de muestra de los bancos	67
III.3. Procedimiento de los ensayos realizados a la muestra de los bancos de piedra pómez	69
III.3.1. Granulometría, modulo de finura y pesos unitarios	69
III.3.2. Gravedad específica y Absorción	72
III.4. Localización y ubicación de los bancos de piedra pómez a estudiar	74
III.4.1. Banco de material Chiltepe	74
III.4.2. Resultados de ensayos de laboratorio realizado al banco de material península de Chiltepe	74
III.5. Banco de material La Gruta	79
III.5.1. Resultados de ensayos de laboratorio realizado al banco de material La Gruta	79
III.6. Banco de material Llano Grande las Flores	84
III.6.1. Resultados de ensayos de laboratorio realizado al banco de material " Llano Grande las Flores "	84
III.7. Otros bancos de pómez existentes en Nicaragua en la región del pacífico	89
III.7.1 Localizaron y ubicación	89
III.8. Análisis e interpretación de los resultados de los bancos de materiales	93
III.8.1. Banco de material Chiltepe	93
III.8.2. Banco de material La Gruta	95
III.8.3. Banco de material Llano Grande las Flores	97
III.8.4. Selección del banco de material para la fabricación de los bloques de peso liviano	99
<b>Capítulo IV: Diseño y manufactura de bloques con agregado ligeros, definiciones y ensayo de laboratorio</b>	101
IV.1. Elaboración de cilindros de mezclas de concreto ligero a base de agregado de piedra Pómez	101
IV.2. Diseño de proporciones de la mezcla para la fabricación del bloque liviano con agregado ligero (piedra pómez)	102
IV.3. Proceso de fabricación del bloque liviano	107
IV.3.1 Aspectos técnicos	109



IV.3.1.1 Tipo de máquina.....	109
IV.3.1.2 Curado de los bloques .....	114
IV.4. Prueba de resistencia a la compresión, absorción dimensiones a los bloques de concreto liviano .....	116
IV.4.1. Resistencia a la compresión y dimensión del bloque liviano.....	116
IV.4.2. Ensayo de absorción del bloque liviano .....	129
IV.5. Comparación de los costos económicos del bloque normal con el que liviano de piedra pómez .....	135
<b>Capítulo V: Análisis e interpretación de las pruebas realizadas a los bloques liviano .....</b>	<b>138</b>
V.1. Resistencia a la compresión.....	138
V.2. Absorción del bloque liviano .....	140
V.3. Dimensiones de los bloques de liviano .....	140
<b>Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>141</b>
VI.1. Conclusiones .....	141
VI.2. Recomendaciones.....	144
<b>Anexos.....</b>	<b>145</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>173</b>



**INDICE DE TABLAS**

<b>NOMBRE DE LA TABLA</b>	<b># TABLA</b>	<b># Pág.</b>
Especificación de la arena según A.S.T.M C-33	<b>1</b>	<b>29</b>
Requerimiento Granulométrico para agregado de peso ligero para unidades de mampostería según la A.S.T.M. C – 331 -59T	<b>2</b>	<b>30</b>
Compuestos principales en el cemento pórtland	<b>3</b>	<b>39</b>
Influencia de los principales compuesto que ocurre en los cementos Pórtland	<b>4</b>	<b>40</b>
Tipos de cementos	<b>5</b>	<b>41</b>
Clasificación de bloques según la A.S.T.M	<b>6</b>	<b>43</b>
Requisito de la A.S.T.M para unidades de concreto	<b>7</b>	<b>44</b>
Requisito de la resistencia y absorción para unidades de concreto de la A.S.T.M	<b>8</b>	<b>45</b>
Tipos de agregado ligeros para concretos livianos	<b>9</b>	<b>57</b>
Propiedades de los diferentes tipo de concreto ligero	<b>10</b>	<b>60</b>
Granulometría del banco Chiltepe (agregado grueso)	<b>125</b>	<b>130</b>
Granulometría del banco Chiltepe (agregado fino)	<b>126</b>	<b>135</b>
Densidad del banco Chiltepe (agregado grueso)	<b>13</b>	<b>76</b>
Densidad del banco Chiltepe (agregado fino)	<b>14</b>	<b>76</b>
Absorción del banco Chiltepe (agregado grueso)	<b>15</b>	<b>77</b>
Absorción del banco Chiltepe (agregado fino)	<b>16</b>	<b>77</b>
Granulometría del banco La Gruta (agregado grueso)	<b>17</b>	<b>79</b>
Granulometría del banco La Gruta (agregado fino)	<b>18</b>	<b>80</b>
Densidad del banco La Gruta (agregado grueso)	<b>19</b>	<b>81</b>
Densidad del banco La Gruta (agregado fino)	<b>20</b>	<b>81</b>
Absorción del banco La Gruta (agregado grueso)	<b>21</b>	<b>82</b>
Absorción del banco La Gruta (agregado fino)	<b>22</b>	<b>82</b>
Granulometría del banco Llano grande, las flores (agregado grueso)	<b>23</b>	<b>84</b>
Granulometría del banco Llano grande, las flores (agregado fino)	<b>24</b>	<b>85</b>
Densidad del banco Llano grande, las flores (agregado grueso)	<b>25</b>	<b>86</b>
Densidad del banco Llano grande, las flores (agregado fino)	<b>26</b>	<b>86</b>
Absorción del banco Llano grande, las flores (agregado grueso)	<b>27</b>	<b>87</b>
Absorción del banco Llano grande, las flores (agregado fino)	<b>28</b>	<b>87</b>

<b>NOMBRE DE LA TABLA</b>	<b># TABLA</b>	<b># Pág.</b>
Granulometría de Llano Grande, Las Flores realizados en la concretera total	<b>29</b>	<b>104</b>
Gravedad específica y absorción, del banco de Llano Grande, Las Flores realizado en la concretera total	<b>30</b>	<b>106</b>
Peso volumétrico seco y compacto, del banco de Llano Grande, Las Flores realizado en la concretera total	<b>31</b>	<b>106</b>
Diseño de concreto para Bloques Livianos de 6"	<b>32</b>	<b>108</b>
Ensayo de Compresión y Dimensionamiento del bloque Liviano a los 7 días (Primer ensayo)	<b>33</b>	<b>119</b>
Ensayo de Compresión y Dimensionamiento del bloque Liviano a los 14 días (Primer ensayo)	<b>34</b>	<b>120</b>
Ensayo de Compresión y Dimensionamiento del bloque Liviano a los 28 días (Primer ensayo)	<b>35</b>	<b>121</b>
Ensayo de Compresión y Dimensionamiento del bloque Liviano a los más de 28 días (Primer ensayo)	<b>36</b>	<b>122</b>
Ensayo de Compresión y Dimensionamiento del bloque Liviano a los 7 días (Segundo ensayo)	<b>37</b>	<b>123</b>
Ensayo de Compresión y Dimensionamiento del bloque Liviano a los 14 días (Segundo ensayo)	<b>38</b>	<b>124</b>
Ensayo de Compresión y Dimensionamiento del bloque Liviano a los 28 días (Segundo ensayo)	<b>39</b>	<b>125</b>
Ensayo de Compresión y Dimensionamiento del bloque Liviano a los más de 28 días (Segundo ensayo)	<b>40</b>	<b>126</b>
Ensayo de la absorción y densidad del bloque (Muestra # 1)	<b>41</b>	<b>130</b>
Ensayo de la absorción y densidad del bloque (Muestra # 2)	<b>42</b>	<b>130</b>
Ensayo de la absorción y densidad del bloque (Muestra # 3)	<b>43</b>	<b>131</b>
Ensayo de la absorción y densidad del bloque (Muestra # 4)	<b>44</b>	<b>131</b>
Ensayo de la absorción y densidad del bloque (Muestra # 5)	<b>45</b>	<b>132</b>
Costo de producción del bloque liviano	<b>46</b>	<b>136</b>
Costo de producción del bloque normal	<b>47</b>	<b>137</b>



## INDICE DE GRAFICAS

NOMBRE DE LA GRAFICA	GRAF. #	# Pág.
Requerimiento para los agregados fino de peso normal (A.S.T.M. C-136)	1	31
Granulometría de los agregados finos de peso ligero	2	58
Relación aproximada entre relación A/C y la relación Agregado-cemento.	3	67
Relación aproximada entre agua-total-cemento y resistencia al aplastamiento	4	68
Representación Grafica del agregado de peso ligero con los requerimientos de las normas ASTM para agregado de peso normal ( <b>Banco de Chiltepe</b> )	5	93
Representación Grafica del agregado de peso ligero con los requerimientos de las normas ASTM para agregado de peso normal ( <b>Banco de La Gruta</b> )	6	95
Representación Grafica del agregado de peso ligero con los requerimientos de las normas ASTM para agregado de peso normal ( <b>Banco de Llano Grande, Las Flores</b> )	7	97
Representación grafica de las normas ASTM C-331 59 T con la granulometría de los bancos de : Chiltepe, La gruta y Llano grande	8	100
Representación grafica del banco de Llano grande con los parámetro de la norma ASTM C-331 59- T	9	105
Proceso de fabricación del Bloque Liviano	10	113
Clasificación de las paredes del bloque, para el control de las dimensiones	11	118
Muestreo para determinar la calidad del producto final	12	134
Esfuerzo promedio de los bloques livianos a los intervalo de tiempo de; 7, 14 y 28 días	13	139



## INDICE DE FOTOS

<b>NOMBRE DE LA FOTO</b>	<b>FOTO #</b>	<b>Pág. #</b>
Muestra de piedra pómez en estado natural	<b>1,2</b>	<b>24</b>
Método de cuarteo	<b>3,4</b>	<b>68</b>
Peso del material húmedo para el secado al horno	<b>5,6,7</b>	<b>68</b>
Determinación de los pesos volumétricos	<b>8,9,10,11</b>	<b>70</b>
Serie de tamices cuadrado (3/8 a 200)	<b>12</b>	<b>71</b>
Probeta de 500 ml, para la determinación de la gravedad específica y densidad	<b>13</b>	<b>73</b>
Bomba de succión de aire atrapado en las partícula de los agregados ligeros	<b>14,15,16</b>	<b>73</b>
Banco de material Chiltepe	<b>17</b>	<b>78</b>
Banco de material La Gruta	<b>18</b>	<b>83</b>
Banco de material Llano Grande, Las Flores	<b>19</b>	<b>88</b>
Maquina BESSER para la fabricación de bloques	<b>20, 21,22</b>	<b>109</b>
Peso del cemento y pómez en la maquina BESSER	<b>23,24</b>	<b>111</b>
Proceso de mezclado de los materiales	<b>25</b>	<b>111</b>
Elaboración y Vibro-Compactación del bloque liviano	<b>26,27</b>	<b>112</b>
Recepción del bloque	<b>28,29</b>	<b>112</b>
Almacenamiento del bloque liviano	<b>30,31</b>	<b>113</b>
Curado del bloque liviano	<b>32</b>	<b>115</b>
Maquina para la compresión del bloque liviano	<b>33,34</b>	<b>117</b>
Instrumento utilizado para la medición de las dimensiones del bloque liviano (Pie de Rey)	<b>35</b>	<b>119</b>
Medición de las dimensiones del bloque liviano	<b>36</b>	<b>119</b>
Ruptura de los bloques liviano en la maquina de compresión	<b>37,37,38</b>	<b>128</b>
Saturación de los especímenes de bloque liviano durante 24 hrs.	<b>39,40</b>	<b>133</b>
Peso del material saturado y superficialmente seco	<b>41</b>	<b>133</b>
Peso sumergido del material en la cesta	<b>42</b>	<b>133</b>
Especímenes de concreto de agregado de pómez	<b>43</b>	<b>157</b>
Cilindros ya efectuado la prueba a la fatiga a los 28 días de edad.	<b>44,45,46</b>	<b>157</b>



## **Capítulo I: Generalidades.**

### **I.1. Introducción.**

En la construcción el bloque juega un papel muy importante ya que es uno de los elementos principales, dado que en Nicaragua la mayoría de las viviendas y otras construcciones son edificadas con el sistema de mampostería confinada y en menor grado con mampostería reforzada, existiendo un déficit aproximado del 57 % en la zona urbana y un 43 % en la zona rural<sup>1</sup>.

Con el advenimiento de nuevas técnicas, en lo que concierne al desarrollo del sistema constructivo (construcciones monolíticas, prefabricadas, entre otras), es necesario que se tenga que estudiar las características físico-mecánicas de materiales no tradicionales en la construcción.

El sector construcción tiene su punto fundamental en la fabricación de concreto estructural y elementos de mampostería muy variada como son:

1. Ladrillo cuarterón, donde el principal insumo es la arcilla.
2. Piedra cantera, que se obtiene de labra de minas de tobas volcánicas con diferentes dimensiones.
3. Bloques de concreto huecos y sólidos de diferentes tamaños que para su fabricación se usan diferentes métodos que van desde lo artesanal (elaborado manualmente), a lo mas sofisticado (vibro compactados).

Es preciso indicar que la mayor fabricación de bloques del país son elaborados con arena Motastepe de peso normal, proveniente del cerro del mismo nombre y como aglomerante principal el cemento Portland.

<sup>1</sup> Fuente INIDE (Instituto Nicaragüenses de Estadísticas y censos)



Hay que hacer notar que dicho banco (Motastepe), aunque tiene muy buena capacidad de explotación se trata de fuente no renovable y se esta usando desde la década de los 50, incrementando su explotación de manera sistemática, y se considera que será una fuente explotable por unos 15 a 20 años, lo que hace necesario buscar nuevas fuentes de materiales afines como lo es el agregado ligero de piedra pómez conocida como material espumoso siendo de origen volcánico.

Hay que destacar que la piedra pómez es muy abundante en nuestro país, específicamente en la faja del Pacífico y en la actualidad se explota, sin embargo a través de este estudio se pretende darle en la medida de las posibilidades el grado de importancia que se merecen los mismos a través de la fabricación de bloques, partiendo de las características propias del material (propiedades físico-mecánicas).

La búsqueda de un material más barato y de un método de construcción más rápido en consideración de las realidades mencionadas, es una de las necesidades principales para el proceso de desarrollo en este país. Un material con estas características es la piedra pómez la cual puede ser empleada en la construcción para la fabricación de bloques. Los mayores depósitos de este material ya han sido conocidos, estimados e investigados, y están localizado entre los departamentos de: León, Chinandega, Managua, Masaya y Granada., este recurso es evidente aun sin estudio especializado debido a que se puede observar en cortes naturales y caminos en toda el área del vulcanismo activo del país (región del pacífico).



## **I.2. Antecedentes.**

Las estructuras a partir de bloques, constituyeron uno de los primeros sistemas ideados por el hombre para la construcción de sus habitaciones. La introducción del cemento Pórtland en el siglo XIX, dio principio a la fabricación de bloques de concreto. Es preciso mencionar, que los primeros bloques fueron elaborados a mano y su evolución constituyó un proceso verdaderamente lento.

En Nicaragua, el uso de los bloques de concreto en estructura de mampostería es relativamente reciente. Fue a partir del terremoto de Diciembre de 1972 en Managua que surgió la necesidad de mejorar estos productos con el objetivo de disminuir la vulnerabilidad de las construcciones ante los eventos sísmicos.

En 1973 el gobierno promulgó el reglamento de materiales de construcción y uso de los mismos, el cual obligaba a los fabricantes a realizar controles de calidad a los productos que elaboraban; sin embargo, estas disposiciones sólo fueron acatadas por las empresas de mayor capacidad de producción y con mejores condiciones económicas quedando las fábricas medianas y pequeñas fuera de este contexto.

El concreto ligero a finales del siglo XIX se utilizó en los Estados Unidos de Norteamérica, Inglaterra y en muchos otros lugares. Su empleo no se limitó a viviendas y habitaciones populares de bajo costo, sino que también se utilizó en ciertas partes de edificios y monumentos. También se sabe que los romanos usaron frecuentemente una forma de concreto ligero en sus construcciones a base de agregados de pómez.

Paralelamente al desarrollo del concreto de agregados de peso ligero se ha ido efectuando un proceso similar en el concreto aireado. Por primera vez se produjo el concreto aireado en Suecia en 1929 y su empleo durante los primeros años se destinó exclusivamente a la fabricación de bloques. Las mejoras de sus propiedades condujeron al desarrollo de unidades reforzadas, de suerte que hoy en día más de la mitad de producción de concreto aireado en Suecia, se hace en esta forma. No fue si no





por el año de 1950 que se introdujo en Inglaterra el concreto aireado para elemento de carga.

El rápido crecimiento de la industria del concreto ligero esta basado, por tanto, en gran parte en una reorientación radical de las provisiones disponibles de los materiales crudos, para ser seguidos presumiblemente por una reorganización de los pesos base en la industria. Condiciones similares retardan el desarrollo de otros tipos de materiales crudos también existentes en Alemania, en donde se manufacturan grandes cantidades de bloques de concreto de pómez y de losas precoladas de concreto reforzados. El sistema de tarifas de transporte en ese país, generalmente favorece a las mercancías voluminosas que requieren grandes distancias de acarreo, lo cual sirvió también de estímulo para el uso de los productos hecho de concreto de pómez en una gran área. Estos sistemas han logrado precios lo suficientemente bajos como para desalentar cualquier inversión de capital a largo plazo con el objeto de desarrollar otros tipos de agregado de peso ligero alternativos a una escala industrial.

En los E.E.U.U., el desarrollo en gran escala de concreto ligero fue más rápido que en ninguna otra parte, debido principalmente a que el enorme tamaño de ese país origina altos costos de transporte para mover material pesado a través de grandes distancias para llegar a los sitios de las obras, este factor también debe ser aunado al de los costos de mano de obra relativamente altos.

El trabajo de investigadores y de muchas instituciones de investigación en todo el mundo se ve reflejado en el desarrollo de nuevos tipos de concreto ligero y el uso reciente de tales materiales de construcción. Hoy en día el concreto de agregado ligero es un material de construcción aceptado en todo el mundo; aunque, su uso especialmente con unidades de concreto reforzado, presenta ciertos problemas. Todavía, estos son objeto de investigación lo que ha permitido ir dándoles soluciones.



En los países centroamericanos, donde sobre todo los cascajos y arenas de pómez frecuentes en la región de Guatemala y El Salvador han sido usados en escala considerable como base de materia prima para la producción de elementos prefabricados y de bloques de pómez.

En nuestro país los mayores depósitos conocidos e investigados de peso ligero (piedra pómez y hormigón rojo) están situados en los departamentos de León, Chinandega y Masaya; aunque por ser nuestro país un área de vulcanismo activo estos se encuentran en cortes naturales y caminos de toda la faja del Pacífico de nuestro país.

El uso actual de estos materiales en Nicaragua es para el relleno de caminos y carreteras, la piedra pómez se utiliza en la fabricación de mortero aligerado, en la confección de paneles y en una baja escala de fabricación de cemento Vulcano (Pórtland puzolanico). El uso de la piedra pómez como agregado inerte de mortero o de concreto en nuestro país ha sido muy escaso y debido a que no se han hecho estudios confiables de su potencial y aplicación, no existe una producción industrial masiva aunque se han hecho unos estudios preliminares de las propiedades del concreto aligerado de pómez, tales como los realizados por el Ingeniero Rene Suárez (monografía de concreto aligerado), la realizada por el Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MINVAH) sin embargo estos no han sido retomado para su aplicación actual.

En 1987 la Republica Federal Alemana (RFA) junto con el Ministerio de la Vivienda y Asentamientos Humanos (MINVAH), se realizó un proyecto de viviendas construidas con “tecnología de paneles prefabricados a base de piedra pómez.



En Nicaragua hasta ahora no hay una utilización industrial digna de mención de los enormes yacimientos de pómez existentes en el país.

Las fabricas de bloques que predominan en el mercado de Nicaragua son la Mayco, Coprenic, ladrillerilla san Pablo, Procon, Dicon, Concretera Total, generalmente usan como agregado fino para la producción de bloques arena proveniente del cerro Motastepe. Estas fábricas van a buscar sus agregados finos a lugares de explotación a varios kilómetros de distancia de la fábrica.



### **I.3. Justificación.**

En Nicaragua se ha venido agudizando el problema de la vivienda debido a los elevados costos que se aplican en los materiales, mano de obra, impuestos y la adquisición del terreno. El bloque como otros materiales para la construcción es elemento necesario para la fabricación de viviendas.

Teniendo en cuenta que parte del problema para la construcción de la vivienda son los materiales que se usan y que cada vez suben sus costos, se percibe la posibilidad de buscar materia prima alternativa, de las ya conocidas utilizando al máximo los recursos que tenemos en abundancia y que están a nuestro alcance en el país. Por lo tanto se presentan las siguientes justificaciones:

1. El uso de la piedra pómez puede ser empleado como una alternativa en la fabricación de bloques para la construcción de viviendas en Nicaragua.
2. Es una materia prima más económica en comparación con la arena, resolviendo parcialmente la problemática de los elevados costos en la elaboración de la vivienda.
3. Es un recurso natural de fácil extracción, menos explotado y abundante en la región del pacifico del país (Masaya, Granada, León, Managua).



#### **I.4. Planteamiento del problema.**

El problema en cuanto a los materiales, es que no existen otro tipo de bloque que sea fabricado con materia prima no tradicional, como lo es la arena, la cual es, una fuente no renovable y se está explotando al máximo.

La causa se debe a que hay solo un tipo de bloque convencional de concreto, el cual es ofrecido al mercado con altos precios en su valor de compra.

El efecto que esto conlleva es que los precios de los materiales de construcción son inaccesibles para las familias de escasos recursos económicos que quieren construir una vivienda digna, produciéndose así un gran problema como es el déficit de vivienda en el país.

Considerando estos aspectos en el presente estudio se plantean las siguientes preguntas:

- **¿Se podrá comprobar la eficiencia de éstos a través de pruebas de laboratorio el cual tienen que cumplir las especificaciones físico mecánicas establecidas para bloque liviano?**
- **¿Será una buena alternativa para fabricar bloques usando agregados no tradicionales para este fin?**
- **¿Existirá material abundante en nuestro país para ser utilizado en la fabricación de bloque liviano con agregado de pómez?**



## **I.5. Objetivos.**

### **Objetivo General**

- ✓ Elaborar bloques livianos con agregado fino de piedra pómez para mampostería confinada de viviendas típicas.

### **Objetivos específicos**

1. Determinar las propiedades físicas de la piedra pómez por medio de ensayos de laboratorio.
2. Elaborar diseños y proporciones de mezclas con piedra pómez para la fabricación de bloques livianos.
3. Comprobar que el bloque de piedra pómez, cumple con las especificaciones físico-mecánicas establecidas para bloque liviano.
4. Comparar los costos económicos del bloque normal con el bloque liviano de piedra pómez.



## **I.6. Hipótesis.**

La piedra pómez se usará como agregado ligero para la elaboración de bloques livianos, obteniendo su resistencia, dimensión y absorción con sus respectivos valores comprendidos entre los parámetros establecidos por las normas para bloques livianos.

Este material tendrá una reducción de costos en comparación al precio del bloque normal de concreto.





## **I.7. Alcance y limitaciones del estudio.**

### **• Alcance del estudio.**

Este estudio tiene el fin de proponer una nueva alternativa en la fabricación de bloques como lo es la elaboración de bloques livianos usando agregado de piedra pómez, ya que en el Reglamento Nacional de la Construcción solo se refiere a los bloques de concreto de peso normal lo cual limita a la industria a ofrecer un solo tipo de producto al mercado nacional.

Existiendo un elemento nuevo de mampostería como lo es el agregado ligero (pómez) para el sector construcción, lo cual estará regido con las normas específicas para el tipo y comportamiento en lo que se refiere a bloques livianos. Dándose a conocer la importancia y utilidad de este agregado para la fabricación de bloques livianos para el sector de la vivienda.

### **• Limitaciones del tema.**

Aun cuando nuestra intención es realizar un estudio lo mas completo posible acerca del tema en cuestión, hay que recalcar que esta tesis se basa específicamente en la elaboración del bloque liviano, no abarcando en su totalidad las pruebas de mampostería y estudio técnico de mercado. Lo cual se deja para un seguimiento y ampliación del tema en lo que respecta al estudio de factibilidad.

Dentro de los estudios y pruebas que se les realiza a los bloques está la prueba de compresión a la mampostería, dicha prueba no se pudo realizar en este trabajo por falta del equipo especializado para realizar esta prueba en los laboratorios.



## **Capítulo II: Marco teórico.**

### **II.1. Generalidades.**

Dentro de este capítulo de la investigación, se abordaran las definiciones y aspecto relacionado con el tema como: la tecnología de concreto de peso normal y ligero, así como sus agregados; obteniéndose las características de estos que se rigen bajo normas establecidas por instituciones especializadas en el estudio como: granulometría, densidad, pesos volumétricos (P.V.S.S y P.V.S.C ), modulo de finura y absorción.

La medición cuantitativa de estas características se realiza con el fin de diseño de mezcla, obteniéndose dosificaciones y proporcionamientos de los constituyentes (cemento y agregados) en términos de volumen o pesos y la relación agua-cemento.

Otro aspecto importante que se toma es, la definición de bloque; según su clasificación (sólidos o huecos) y según su tipo de agregado (pesado y ligero). Estos términos sirven para una mejor diferenciación de los bloques; como la resistencia y absorción. Para una mejor aplicación del bloque en las estructuras reforzadas y no reforzadas.

### **II.2. Concreto común.**

El concreto a base de aglomerantes inorgánicos representa un material artificial de piedras, obtenido como resultado de moldear y endurecer una mezcla elegida correctamente, constituida por el aglomerante, agua, áridos y aditivos especiales. Esta mezcla debe garantizar propiedades mecánicas prefijadas para un plazo determinado.

El comportamiento mecánico de este material y su durabilidad en servicio dependen de tres aspectos básicos:

- Las características, composición y propiedades de la pasta de cemento, o matriz cementante, endurecida.



- La calidad propia de los agregados, en el sentido más amplio.
- La afinidad de la matriz cementante con los agregados y su capacidad para trabajar en conjunto.

Según el tipo de aglomerante los concretos se clasifican en:

1. De cemento, lo más difundido.
2. Silicios, a base de aglomerantes de caliza y sílice.
3. A base de aglomerantes de yeso.
4. A base de aglomerantes mixtos de cemento, caliza y escoria, etc.
5. A base de aglomerantes especiales inorgánicos y orgánicos utilizados al plantear exigencias especiales (Pirorresistencia, estabilidad química, etc.).

Según el tipo de áridos se distinguen los siguientes concretos:

1. A base de áridos compacto.
2. A base de áridos porosos.
3. A base de áridos especiales que satisfacen requisitos especiales (protección contra la radiación, resistencia térmica, estabilidad química, etc).

En una mezcla de concreto correctamente elegida el gasto de cemento constituye un 8 – 15% y el de los áridos, un 80 – 85% (en masa). Por eso en calidad de árido se emplea materiales de piedra locales, a saber: arena, grava, piedra machacada, así como productos derivados de la industria (por ejemplo, escoria de alto horno, granuladas y machacada) que se caractericen por un nivel relativamente bajo del costo de producción.

En dependencia de la masa volumétrica los concretos se dividen en:

1. **Muy pesados**, cuya masa volumétrica es más alta de  $2500 \text{ kg/m}^3$ , se preparan a base de los áridos más pesados (magnetita, barita, chatarra de fundición, etc); dichos concretos se utilizan para estructura especiales de protección.



2. **Pesados**, con una masa volumétrica de  $2200 - 2500 \text{ kg / m}^3$ , se obtiene a base de arena, grava o piedra machacada de roca pesada; se emplea en toda la estructura portantes.
3. **Aligerados** cuya masa volumétrica es  $1800 - 2200 \text{ kg / m}^3$ ; se emplea predominantemente en la estructura portante.
4. **Ligeros** con una masa volumétrica de  $500 - 1800 \text{ kg / m}^3$ ; a estos pertenecen:
  - a) Concretos ligeros a base de áridos porosos, naturales y artificiales.
  - b) Concretos celulares (concreto alveolar y concreto espumado) a base de una mezcla de aglomerante, componente silicio finamente dispersos y agente porógeno.
  - c) Concreto de poro grueso (sin arena) a base de árido grueso compacto o poroso sin árido fino.
5. **Especialmente ligeros** (celulares y a base de áridos poroso), con masa volumétrica inferior a  $500 \text{ kg / m}^3$ , que se emplean en calidad de aislamiento térmico.

Por consiguiente la masa volumétrica de los concretos varia dentro de amplio limites: desde 300-500 hasta 2500-3600  $\text{kg / m}^3$  e incluso mas. Por esta razón también la porosidad de los concretos puede ser muy grande 70-85% en los concretos celulares de aislamiento térmico, e insignificante: un 8-10% en los concretos hidrotécnicos compactos.

### II.2.1. Concreto ligero.

A pesar de que no hay una definición exacta y universalmente aceptada de lo que es un concreto ligero, se puede describirlo diciendo que es una mezcla de agua, cemento y materia inerte con un contenido de aire tal, que su peso por unidad de volumen es menor que determinado valor. Uno de los métodos de incluir aire en la masa del concreto es el uso de los agregados livianos para la elaboración del concreto ligero.



El concreto ligero es un concreto de características propias que por un medio o por otro se ha hecho mas ligero que el concreto convencional de cemento, arena y grava que por tanto tiempo ha sido muy usado en la construcción.

Las características del concreto ligero es, por supuesto, su densidad, la cual es siempre menor que la del concreto de peso normal. La ventaja de tener materiales con baja densidad son muy numerosas, por ejemplo: reducción de las cargas muertas, mayor rapidez de construcción, menores costos de construcción, menores costos de transporte y acarreo.

El uso de concreto ligero ha hecho posible, en algunas ocasiones, llevar a cabo diseños que en otra forma hubieran tenido que abandonarse por razones de peso.

Se ha demostrado experimental y prácticamente en la Industria, que utilizando concreto ligero en las construcciones se logran menores tiempos de ejecución en las obras que si se utilizaran materiales tradicionales; por ello muchos constructores en la actualidad están dispuestos a pagar más por unidades de concreto ligero que por elementos ordinarios para ejecutar una misma área de construcción.

Otra característica del concreto ligero, es la baja conductividad térmica que posee, ya que esta es inversamente proporcional a la densidad.

Los concretos ligeros tienen menor conductividad térmica en comparación con los pesados, por eso se utilizan en estructura exteriores de protección. En las estructuras portantes se emplean concretos ligeros más densos y resistente (a base de áridos porosos y celulares) con una masa volumétrica de 1200 – 1800 kg/m<sup>3</sup>.



## **II.2.2. Tipos de concreto ligero.**

Existen tres clases de concreto ligero, dependiendo de la forma de adicionar aire en su masa, estos son:

### **1. Concreto sin finos.**

Se logra omitiendo los finos y las gravas de diámetros pequeños el agregado pétreo.

Los requisitos para el diseño de la mezcla del concreto sin finos principalmente usado para muros exteriores e interiores de carga solamente divisorios, en casas y edificios, deben hacer que el concreto a los 28 días tenga una resistencia al aplastamiento por lo menos de 29 Kg./m<sup>2</sup> y además, al quedar colocado en el muro conserve sus grandes vacíos y no se segregue formando capas de lechadas (natas) o películas de cemento.

### **2. Concreto de peso ligero.**

Sustituyendo los agregados de gravas, piedra triturada por agregados con estructura celular o porosa, los cuales incluyen el aire de la mezcla, se logra el concreto con finos de peso ligero.

Para el diseño de mezclas de concreto de peso ligero deben de tomarse en cuenta, estrictamente las propiedades físicas y mecánicas de los agregados para la dosificación de las mismas.

### **3. Concreto aireado.**

Se obtiene incluyendo un aditivo “aireante” en la mezcla de concreto, de manera que, al fraguar ésta, quede con una estructura celular esponjosa.

El concreto aireado es un material celular espumoso de peso ligero. Es diferente a otros concretos en cuanto a que normalmente no contiene agregados gruesos; puede considerársele como un mortero aireado.

Típicamente el concreto aireado se hace introduciendo aire u otro gas, en una lechada de cemento y arena fina permitiendo que fragüe en estas condiciones.



### II.2.3. Características del concreto ligero.

**1. Bajo peso de los elementos:** lo que conlleva a transportar más unidades que las de peso normal, limitando que los vehículos de acarreo no sean expuestos al sobrepeso.

**2. Baja densidad:** esto significa una reducción de las cargas (Muertas) de diseño en los elementos estructurales haciendo que las transmisiones de esfuerzos de un edificio con respecto a los cimientos sean mínimos, lo que implicaría construir edificaciones de mayor altura.

**3. Baja conductividad térmica:** la cuál mejora si se disminuye su densidad, ello haría que el ambiente fuera más fresco dentro de las habitaciones.

### II.3. Agregados.

En general se entiende por agregado a cualquier material granular, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hulla de altos hornos empleados como un medio aglutinante para formar concreto o mortero de cemento hidráulico.

Los agregados constituyen los elementos que ligados por el cemento, forman el esqueleto del concreto. Generalmente ocupan del 60 al 80% del volumen total del mismo, cantidad que como se ve no puede pasar desapercibida por los que trabajan y diseñan este material.

Los agregados o materiales inertes, pueden clasificarse atendiendo a varios factores: según su procedencia, en naturales o artificiales. Según su peso, en normal y ligero. Pero para fines de dosificación de mezclas de concreto, es de mayor interés agruparlos según su tamaño estos en “agregados finos y agregados grueso”. Los primeros constituyen las arenas y los segundos dependen del tamaño máximo de sus granos en grava, cantos, bolones. Son materiales de construcción y se utilizan principalmente en la fabricación de mezclas de concreto, a estos agregados se les examina por métodos de laboratorio para determinar sus propiedades físicas.





### **II.3.1. Agregado grueso.**

Material o porción granular que pasa la malla de tres pulgadas y es predominantemente retenido en la malla No.4, obtenido a partir de las rocas o del rompimiento de cantos rodados.

Tanto la grava como la arena, deben estar limpios de arcillas, lignitos o cualquier material deleznable ya que ello perjudica en la resistencia del concreto pudiendo afectar el fraguado y endurecimiento del concreto.

Por lo tanto, la calidad y procedencia del agregado grueso como la del fino, debe ser cuidadosamente estudiada antes de su empleo

### **II.3.2. Agregado fino.**

Como agregado fino se entiende aquel agregado que pasa la malla 3/8" y que casi pasa enteramente por la malla numero 4 y que es retenida en la malla numero 200. Se ha podido establecer por numerosos estudios tanto de laboratorio como prácticos que los agregados no son materiales inertes ya que sus propiedades físicas y químicas afectan, en la mayoría de los casos, tanto las propiedades como el comportamiento de la masa en que intervienen.

Planteado la naturaleza del término "agregado", se procederá a continuación a definir el agregado fino conocido como arena.

¿Que son las arenas y de donde provienen? es la definición que a continuación se exponen dicen con respecto a ella.



### **II.3.3. Definiciones de arena.**

#### **- Definición:**

Material granular que pasa la malla 3/8<sup>ii</sup> y que casi enteramente pasa por la malla número 4, que es predominantemente retenida en la malla número 200 y que resulta del procedimiento de completa desintegración y desgaste de rocas areniscas,

Las arenas están constituidas por granos sueltos, incoherentes y de estructura cristalina que proviene de la desintegración de las rocas por procesos mecánicos o químicos y que arrastrados por corrientes aéreas, fluviales, sedimentación y acciones geodinámicas, se acumula en lugares determinados.

### **II.3.4. Propiedades de la arena.**

Las arenas no son un material inerte ya que son física y químicamente activas. Siendo las arenas un producto de la desintegración de la roca y de la misma naturaleza de la roca de donde procede, sus propiedades pueden dividirse básicamente en dos:

#### **II.3.4.1. Propiedades físicas.**

Las propiedades físicas son características de los granos de cada arena en particular y suelen medirse por procedimientos mecánicos o físicos. Entre las principales propiedades físicas de una arena se encuentra las siguientes: granulometría, gravedad específica, absorción, porosidad, humedad superficial, humedad total, peso unitario, sanidad, textura superficial, formas de los granos, hinchamiento, y constitución mineralógica.

#### **II.3.4.2. Propiedades químicas.**

Las Propiedades químicas de una arena se derivan por las características, mineralógicas, de sus granos, y su interacción de dichas características con el cemento. Una de las principales propiedades químicas que interesan de una arena, es el determinar si existen posibilidades de reacciones alcalinas de la misma con el cemento. Esta ha sido la propiedad química mas investigada por los efectos dañinos que causan en la mezcla. Las arenas no solo pueden reaccionar con el cemento sino con cualquier



otra sustancia que puede estar en contacto con ellas. Otra Propiedad química menos importante es la estabilidad química de la arena a altas temperaturas.

### II.3.5. Substancias perjudiciales en las arenas.

Las Propiedades químicas y físicas de las arenas anteriormente mencionadas, depende exclusivamente de la naturaleza de sus granos. Las arenas como ya se vio, proceden de la desintegración de las rocas por procesos mecánico y químico y continuamente están siendo transportadas por el aire, agua y viento. En su continuo movimiento las arenas son contaminadas por diferentes sustancias. Dicha contaminación varía tanto en cantidad como en el tipo del agente contaminante, los que pueden estar entre los granos o bien cubriéndolos.

Por la influencia que estos elementos tienen en las propiedades mismas de arenas y más directamente por las posibles reacciones que puedan tener en el cemento, es indispensable conocerlos y determinar las cantidades en que se encuentran presente.

Entre estas sustancias deletéreas pueden mencionar las siguientes: Impurezas orgánicas, sales solubles en agua, minerales dañinos como el Ópalo, sulfato de calcio (yeso), arcilla, limo, óxidos de hierro, partículas livianas, partículas friables, etc.

En los métodos de la ASTM que existen para determinar las propiedades físicas y químicas de las arenas se contempla la determinación de dichas sustancias perjudiciales.

### II.4. Tipos de agregados ligeros.

Los agregados ligeros se caracterizan por su porosidad y baja densidad que ronda entre 400 a 1200 kg/m<sup>3</sup>, estos al igual que los densos se divide en gruesos y finos. Estos áridos porosos inorgánicos son de los tipos mas diversos y se sub. dividen en naturales y artificiales:

- **Los áridos naturales:** Se obtienen mediante la trituración parcial y el cribado o solo el cribado de rocas (pómez, toba volcánica, caliza conchífera, etc.).



• **La pómez:** Procede de un proceso volcánico, son Piroclastos porosos constituidos de vidrio en forma de espumas que se forman durante un enfriamiento muy rápido del magma ascendente, de alta viscosidad, producido por actividad volcánica violenta, de color blanco grisáceo, amarillento y raramente café ó gris, con un brillo sedoso. Es por esto, obtiene las propiedades de un material ligero y de fácil extracción. Este material lo podemos identificar por el afloramiento, con una densidad que ronda entre los 400 a 790 kg/m<sup>3</sup>. Adelante profundizaremos mas afondo en lo que respecta a sus características físico y mecánicas.

• **La toba volcánica:** de una erupción además de la lava, arroja al exterior gases y fragmento de lava y materiales de chimeneas, que al depositarse en el cono y depresiones de terrenos forman la roca piro clástica. Una vez consolidados todo los componentes piro plástico forman la toba y los conglomerado. De color oscuro a amarillo oscuro, con una densidad que ronda entre 550 a 1200 kg/m<sup>3</sup>.

• **Las calizas:** se forman por la acumulación de concha de molusco (gasterópodos y lamelibranquios) o braquiópodos de color blanquecino con una densidad que ronda entre 1000 a 1200 kg/m<sup>3</sup>.

• **Los áridos artificiales:** son materiales que resulta de tratamiento térmico de la materia prima mineral y se clasifican en los fabricados especialmente y productos colaterales de la industria (escoria y ceniza de combustión, escoria siderúrgica de escombrera, etc.).

• **La grava de keramsita:** se obtiene cociendo gránulos, preparado de arcilla expansivas. Es un árido ligero de alta resistencia mecánica con una masa volumétrica a granel de 250 a 800 kg/m<sup>3</sup>. el granulo de keramsita al fracturarlo tiene una estructura de espuma solidificada.



- **La pómez de escoria:** se produce mediante el enfriamiento rápido de masa fundida de escoria siderúrgica (por lo común de alto horno) que conduce al hinchamiento.

- **La perlita hinchada:** se fabrica mediante la cocción de roca ígneas vitrificada que contiene agua (perlita, obsidiana). A temperatura de 950 a 1200 °C el agua se desprende y la perlita aumenta de volumen en 10 – 20 veces.

- **La vermiculita hinchada:** es un material poroso de granos menudo obtenido por la cochura de micas que contiene agua.

- **Los desechos de combustible:** (escoria y ceniza de combustible) se forma en calidad de producto colaterales al quemar antracita, hulla, carbón de piedra, y otros tipos de combustible sólido. las escoria de combustible son materiales poroso en dedazo, formado en el hogar a causa de la sinterización e hinchamiento de las impureza inorgánicas (generalmente arcillosa) que contiene carbón.

- **La agloporita:** se obtiene materia prima que contiene arcilla (agregándole un 8 – 10% de combustible) en el emparrillado de la máquina de aglomeración. El carbón de piedra se quema, mientras las partículas de materia prima se sinterizan



#### II.4.1. Piedra pómez.

Es una roca silíceo o vidrio volcánico espumoso, blanco o grisáceo de brillo sedoso, compuesto de finísimas agujas y fibras entrecruzadas, de peso ligero (flota en el agua) con poderosas características puzolánicas por su alto contenido de sílice y se forma a partir de la lava que fue expedida en forma de espuma por la vaporización de los constituyentes volátiles. Por su naturaleza presentan una variedad de tamaño gravo-arenoso es decir se encuentran combinados, sus formas son angulares y sub-redondos variando su tamaño de 3 plg. de diámetro a menores de 1mm.

Su ligereza se debe al hecho de ser lava esponjosa, cuyas celdas se formaron por escape de los gases al producirse el enfriamiento violento.

En su estado natural se presenta suelta y sin consolidar y en algunos casos cementada formando depósitos superficiales o estratos, que han sido cubiertos como resultado de de fenómenos geológicos.

La piedra pómez es conocida mundialmente como pumicita, son vidrios volcánicos sílicos de color claro, producto de las lavas viscosas del vulcanismo explosivo y acumulado como rocas piraclásticas. Su distinción está de acuerdo al tamaño de los fragmentos, mayores de 4.0mm. (Arena volcánica de grano) son llamados pómez y los de tamaño fino o polvos son llamados pumicita (ceniza o polvo volcánico), su origen depende de los siguientes aspectos:

- Si la erupción es de poca intensidad se origina la piedra pómez, depositándose en las inmediaciones del volcán, las piedras de mayor tamaño, alejándose del punto de emisión las partículas menores.
- Por el contrario, si es de mucha intensidad se origina pumicita, la que por ser más pequeña llegando a tamaños de polvo, se enfría más rápido, siendo arrastrada por los vientos reinantes del lugar, pudiendo ser encontrada junto a la piedra pómez o a varios kilómetros de distancia.



La piedra pómez triturada pesa del 30% al 40% menos que la grava, arena o piedra triturada, razón por la cual el concreto de pómez es más ligero que el ordinario y facilita el manejo del concreto, pero su principal ventaja es el ahorro de acero estructural. El concreto de pómez puede aplicarse particularmente en formas geométricas complejas para techado, es altamente resistente al paso del calor y el concreto de pómez es seis veces más efectivo en este aspecto que el ordinario.

**Densidad:** Baja 0.7 (0.4 a 0.79) g/cm<sup>3</sup>.

**Color** : Blanco grisáceo.

**Brillo** : Brillo sedoso.

**Foto # 1**



**Foto # 2**



#### **II.4.1.1. Propiedades funcionales del agregado ligero (piedra pómez).**

##### **II.4.1.1.1 Durabilidad.**

Se puede definir como la habilidad de un material para resistir los efectos de todos los agentes del medio que lo rodean. En un material de construcción estos se pueden interpretar como los ataques químicos, los esfuerzos físicos y las acometidas mecánicas.

El ataque químico generalmente se presenta como agua freática corrosiva, particularmente sulfato, un ambiente contaminado y escurrimientos de líquidos reactivos. El concreto ligero no posee una resistencia especial a estos agentes, sino que, por el contrario, por el hecho de ser en general más porosos que los concretos convencionales, es acaso más vulnerable. Por esta razón, los concretos ligeros no se recomiendan para usarse debajo del nivel natural del terreno. El ataque químico del aire



no es significativo a excepción de que se produce en medios sumamente contaminados; de cualquier manera, se acostumbra de proteger al concreto con aplanados o en alguna otra forma, por distintas razones. Un aspecto químico de la durabilidad es la estabilidad del mismo material, particularmente ante la presencia de humedad.

Los esfuerzos físicos a los cuales el concreto ligero queda expuesto son principalmente la congelación, la contracción y los esfuerzos de temperatura.

#### **II.4.1.1.2 Absorción del agua.**

Los concretos ligeros, especialmente aquellos utilizados en los bloques, son algo porosos y por lo tanto, tienen una mayor absorción de agua que los concretos ordinarios. Esto no se considera de gran importancia en la práctica, puesto que el concreto ligero que se expone a la intemperie generalmente no se usa sin una capa protectora adecuada.

Los agregados de peso ligero por si solos, son más porosos que las gravas ordinarias, razón por la cual absorben una cantidad bastante mayor de agua durante la elaboración, del concreto. Esto tampoco suele de ser de gran importancia practica en la fabricación del concreto en si, pero en donde el concreto ligero se utiliza en plantillas aislantes en las azoteas, y en lugares donde se pretende tener un secado relativamente rápido, la absorción alta del agua por el agregado puede ser una desventaja. Se conocen métodos para impermeabilizar agregados de peso ligero, pero no se ha demostrado todavía su aceptabilidad económica.





#### **II.4.1.1.3. Penetración de la lluvia.**

Una función especial de las paredes es su habilidad para excluir el agua de la lluvia. Donde se utilicen muros huecos, el problema de la penetración de la lluvia difícilmente surge, pero existen diversas formas de construcción donde se emplean muros simples y es entonces cuando la resistencia a dejar pasar el agua de lluvia adquiere una gran importancia. La experiencia adquirida hasta el momento con el trabajo efectuado en laboratorio ha sido muy limitada; esta se ha realizado midiendo la resistencia de especímenes de concreto ligero a la penetración de la lluvia, pruebas que en general han sido satisfactorias, principalmente cuando los muros han sido protegidos por un recubrimiento exterior. Es importante anotar que cuando una pared permite el paso del agua de la lluvia a través de ella, la penetración ocurre raramente a través del cuerpo de concreto, sino que se produce a través de las grietas capilares que sea mayor es el riesgo de que la penetración de la humedad se efectúe por estas grietas. Siendo el concreto ligero mas poroso en general, si se le usa con el espesor necesario y se le protege con un aplanado también poroso, producirá buenos resultados a la penetración de la lluvia, aun y cuando se utilice en una sola capa.

#### **II.4.1.1.4. Propiedades acústicas.**

Al tratar sobre las propiedades acústicas de los materiales de construcción debe anotarse que no existe un solo valor de aislamiento que sea valido para todo el límite de frecuencia audible. La transmisión del sonido a través de un muro que puede ser tolerable a una cierta frecuencia pero intolerable a otra. Casi todas las estructuras proporcionan un mejor aislamiento a las frecuencias altas, que a las bajas, y los mayores huecos son generalmente mejores para altas frecuencias, que los muros sólidos de mismo peso, pero no son mejores para frecuencias bajas. El sistema que se usa actualmente para clasificar las barreras contra el sonido especifica valores de aislamiento en todas las frecuencias. Para ser herméticos, los bloques de concreto ligero deberán estar enlucidos, no solamente por el hecho de que a menudo ellos mismos sean porosos, sino porque con frecuencia ellos permiten filtraciones del sonido a través de la formación imperfectas de las juntas, el enlucido por un solo lado puede bien ser suficiente.



Después de haber expuesto los aspectos relacionado con el tema de estudio, enseguida se describe las pruebas a que se le somete el agregado fino y un significado para la determinación de sus características con vista al diseño de mezcla para la fabricación de bloques.

## **II.5 Diferentes pruebas a que se someten los agregados finos.**

Las pruebas a que se someten las arenas tienen como fin básico determinar sus propiedades físicas y químicas con el objeto de determinar si pueden o no ser usadas en determinado proyecto. Se rechaza una arena cuando falla en aquellas propiedades básicas que no pueden corregirse pruebas, por ejemplo que se presenten gran deterioro en la prueba de sanidad. Se acepta si sus características y propiedades son favorables, o bien, si las propiedades básicas en que fallan pueden corregirse, por ejemplo que se presente graduación deficiente.

Las mayorías de las pruebas que se efectúan para conocer una arena, sino todas, se identifican con el nombre de las propiedades físicas o químicas que se tratan de determinar. A continuación se detallan todas las pruebas que se efectúan para determinar las propiedades de una arena.

### **II.5.1. Análisis granulométrico.**

**Definición:** El análisis granulométrico de una arena es la distribución de las distintas fracciones de sus partículas por separación con tamices normalizado.

La A.S.T.M. define un tamiz (malla) como un plato o lámina, o tela metálica o cualquier otro aparato con abertura de tamaño uniforme y rectangularmente espaciados, armado como un marco o receptáculo adecuado para usarse en la separación de materiales de acuerdo a su tamaño. Como nota aclaratoria existen mallas de forma rectangular y circular. Investigadores de las relaciones existentes entre estos dos tipos de mallas han probado teóricamente y por pruebas practicas que multiplicando la abertura de una malla cuadrada por 1.207, da el diámetro equivalente de una malla de abertura circular. Las mallas circulares se emplean para agregado



gruesos. Los tamices que se emplearon en la determinación del análisis granulométrico de las diferentes fuentes estudiadas en esta monografía se ajuntan a las especificaciones de la A.S.T.M. designación E-11 para tamices de abertura cuadrada.

La muestra a ensayar se hace pasar por los tamices especificados en donde son retenidas las diferentes fracciones que componen la muestra ensayada, las que luego son pesadas. En la determinación del análisis granulométrico se utilizó el ensaye A.S.T.M., designación C 136-67.

#### **II.5.1.1. Granulometría (ASTM C-136).**

Es el estudio de la distribución de tamaño expresado en porcentaje con respecto al peso de las partículas y tiene como objetivo fundamental determinar el tamaño máximo de las partículas del agregado grueso y el módulo de finura de los agregados finos. Tanto como para la grava como para las arenas el procedimiento es el mismo y consiste en tamizar la muestra de los agregados por mallas, de tamaño específico, pesando lo que retiene cada uno de estos tamices. Para realizar el análisis granulométrico de los agregados este debe estar completamente seco por lo que previamente debe introducirse en el horno con una temperatura de 110 °C por 24 hrs.

Los resultados de estos análisis se presentan en tablas y/o curva granulométrica, que es la curva acumulada de los porcentajes que pasan. La composición granulométrica así obtenida representa la distribución de los diferentes tamaños que componen el material granular expresado en peso total de una muestra para cada número de tamices.

$\% \text{ Ret. Parcial} = WR / WT * 100$

WR= peso retenido en cada malla

WT= peso total de la muestra

$\% \text{ que pasa} = 100 - \% \text{ Ret. Acum. de cada malla.}$

$\% \text{ Ret. Acum} =$  sumatoria de todos los % retenido quedando el mismo valor retenido para la primera malla en cuestión.



El requerimiento granulométrico de los agregados fino de peso normal según la ASTM C - 33 se representa en la siguiente tabla;

**Tabla #1**

**Especificación de la arena según la A.S.T.M. C- 33.**

Tamices	% Q. pasa
3/8"	100
Nº 4	95 – 100
Nº 8	80 – 100
Nº 16	50 – 85
Nº 30	25 – 60
Nº 50	10 – 30
Nº 100	2 – 10
Nº 200	0 – 2

Además de las especificaciones de agregados de peso normal también los agregados de peso livianos se rigen por especificaciones granulométrica de la norma ASTM C-331–81, el cual lleva por nombre "Requerimiento granulométrico para agregado de peso ligero para unidades de peso ligero" se representa en la siguiente tabla;

**Tabla # 2**

**Requerimiento Granulométrico para agregado de peso ligero para unidades de mampostería según la A.S.T.M. C – 331-81**

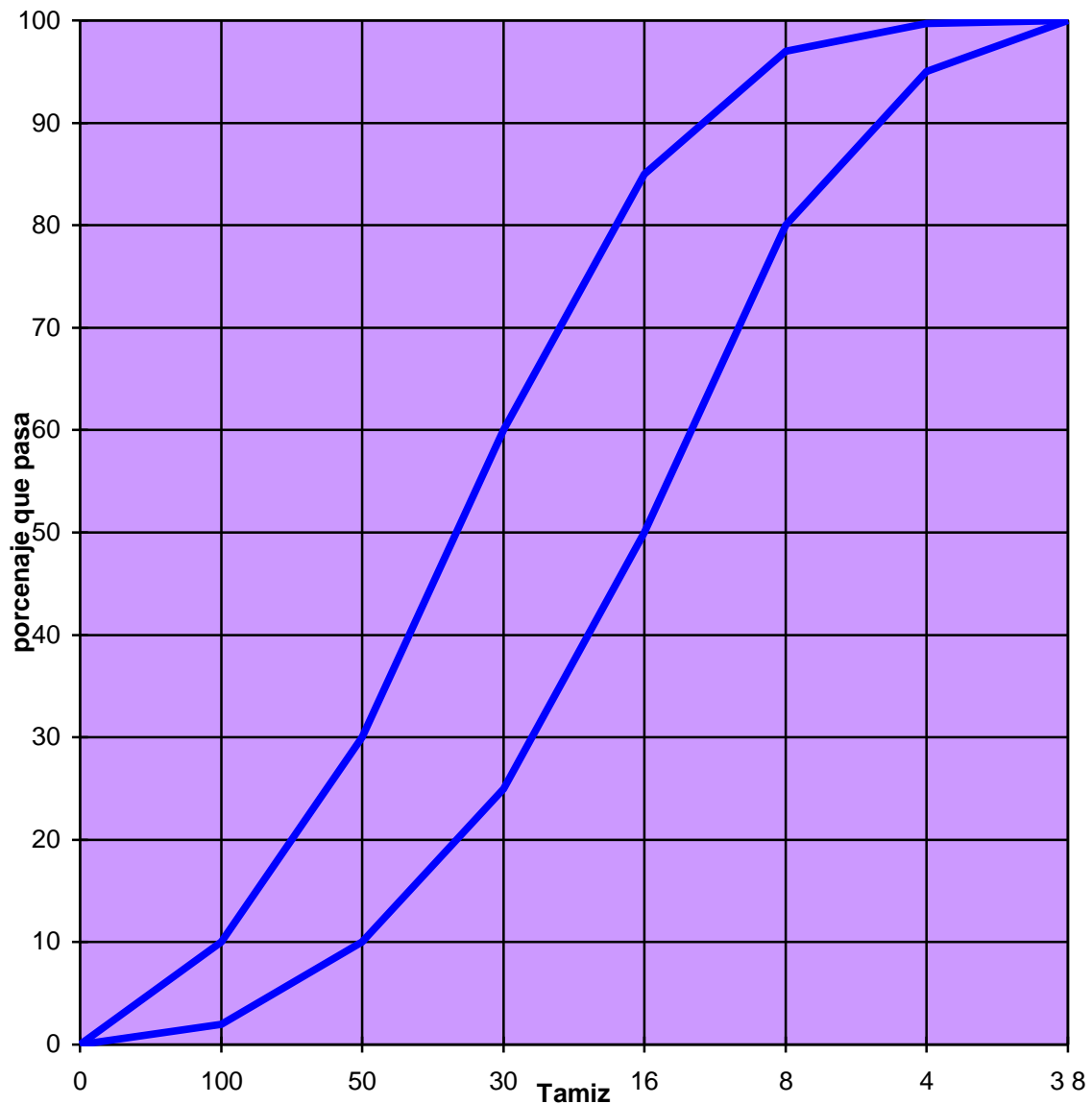
Tamaño y designación	Porcentaje (en peso) que pasa teniendo tamices cuadrado							
	¾ in (19mm)	½ in 12.5mm)	3/8 in (9.5mm)	Nº 4 (4.75mm)	Nº 8 (2.36mm)	Nº 16 (1.18mm)	Nº 50 (300µm)	Nº 100 (150µm)
Agregado fino Nº 4 a 0	--	--	100	85 -100	--	40-80	10 - 35	5 -25
Agregado Grueso ½ in a Nº 4 3/8 in a Nº 8	100 --	90 –100 100	40 – 80 80 - 100	0 – 20 5 - 40	0 – 10 0 - 20	--- 0 - 10	--- ---	--- ---
Combinación de agregado ½ in a 0 3/8 in a 0	100 ---	95 –100 100	---- 90 - 100	50 – 80 65 - 90	--- 35 - 65	--- ---	5 – 20 10 - 25	2–15 5 -15



Otro modo de especificar la granulometría del agregado tanto grueso como fino, es a través de curvas; en el siguiente grafico se representan la de las arenas, donde la curva superior denota los límites inferiores del rango, y la inferior los limites superiores. Cualquier arena para concreto deben tener una granulometría comprendida en esas curvas.

**Grafico # 1**

**Representacion grafica de los requerimiento para los agregado  
fino de peso normal (ASTM C-33 )**





La graduación puede ser expresada como porcentaje total que pasa cada una de las mallas usadas, como el porcentaje total retenido en cada malla o como el porcentaje retenido entre mallas consecutivas. La elección de la manera de expresar la graduación de una arena queda a juicio de la persona que la determina.

En el presente trabajo se ha elegido para expresar la graduación del agregado fino el porcentaje que pasa por las mallas 3/8<sup>ii</sup>, No. 4, No 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, por considerarse este procedimiento el mas usado en nuestro medio. Las mallas mencionadas son las que se especifican en la designación C 33-67 de la A.S.T.M. para el agregado fino.

Es de gran utilidad representar gráficamente la graduación de la fuente del material investigada, se hace notar que en la serie de mallas que se detallaron anteriormente sus tamaños son sucesivamente el doble, así: No. 100, No. 50, etc. El factor anterior facilita la representación semi logarítmica de la granulometría ya que en el eje de las abscisas en que se grafican las denominaciones de las diferentes mallas, la separación entre cada tamaño será la misma. En el eje de las ordenadas se coloca el porcentaje que pasa por cada una de las mallas anteriormente mencionadas. La grafica # 1 muestra una curva dibujada siguiendo dicho procedimiento.

En la actualidad se dispone de especificaciones granulométricas entre cuyos límites se asume que se obtienen mezclas de propiedades satisfactorias. Así vemos que la ASTM limita la granulometría de una arena para mezclas en su especificación C33-67, en realidad dicha especificación puede ser cambiada según la localidad. Una graduación ideal es aquella que por experiencia o prueba ha demostrado, para una condición dada una combinación que produce mezcla de óptima calidad.

Se debe tener presente que al efectuar un análisis granulométrico se miden únicamente las dimensiones de las partículas, por lo que dicha determinación llega a ser una aproximación de los diferentes tamaños de que esta constituida la mezcla.



A pesar de la imposibilidad que representa el poder determinar cual es la graduación ideal en una arena con los resultados obtenidos del análisis este llena a cabalidad su cometido, situación que queda plenamente confirmada con los resultados que a diario se observa el elaborar mezclas de diferentes tipos, calidad y uso.

### **II.5.2. Módulo de finura.**

Es un índice que determina si la arena que se esta analizando es adecuada para ser utilizada en mezcla de mortero y concreto, esta se calcula por medio de la siguiente ecuación;

$$MF = (\Sigma \text{ P.R.A. (malla N}^{\circ}4 \text{ hasta \#100)}) / 100)$$

**P.R.A.**= porcentaje retenido acumulado.

También es un índice de la trabajabilidad de la mezcla, es decir, que tan fácil es compactarla. Las normas permiten valores de módulo de finura entre 2.30 y 3.10. Si el modulo de finura es menor de 2.30, se considera una arena muy fina y requiere mayor cantidad de cemento en la mezcla lo cual lo vuelve antieconómico. Las arenas con módulo de finura mayor de 3.10 se consideran muy gruesas y dará como resultado mezcla de baja compacidad. La compacidad es un índice que determina el porcentaje de vacío que presenta el concreto, a mayor compacidad menor vacío tiene la mezcla

### **II.5.3. Pesos volumétricos (A.S.T.M. C- 29).**

El peso volumétrico de un agregado es el peso del volumen determinado del mismo, generalmente se expresa como el peso de 1 metro cúbico, y los métodos para su determinación se describen en las especificaciones de la ASTM C-29. El peso volumétrico es importante por que una medida de los vacíos en la unidad de volumen de los agregados; a la vez este clasifica a los agregados como: regular, ligero y pesado. Por lo que el peso volumétrico se puede utilizar con seguridad índice de calidad. El peso específico influye en el peso volumétrico, granulometría, forma, textura, condiciones de humedad y grado de compactación de la masa y, por lo tanto, debe



tenerse gran cuidado con la prueba si los resultados tienen que ser representativos de las condiciones del campo.

Los pesos volumétricos se dividen en dos categorías:

- 1. Peso volumétrico seco suelto.**
- 2. Peso volumétrico seco compacto.**

**1) Peso volumétrico seco suelto (P.V.S.S.):**

Esta prueba consiste en vaciar dentro del recipiente el material con la ayuda de un cucharón, teniendo el recipiente lleno se nivela con el enrazador de manera que se compense las partes saliente de las partículas, el valor obtenido se determina dividiendo el peso neto del material entre el volumen del recipiente.

**2) Peso volumétrico seco compacto (P.V.S.C.)**

Esta prueba consiste de llenar el recipiente hasta un tercio de su altura, después se procede a darle 25 golpes con la varilla de 5/8" punta de bala para que el material se distribuya en toda las superficie y eliminar los vacíos del mismo, luego se llena hasta 2/3 de su altura y se repite la misma cantidad de golpes, hasta llenar el recipiente y enrasándolo con la varilla punta de bala.

#### **II.5.4. Gravedad específica.**

##### **Definición.**

Es la relación del peso en el aire de un volumen unitario, de un material permeable (incluyendo los vacíos permeables e impermeables normales del material) a una temperatura dada, al peso en el aire de igual densidad de un volumen de agua destilada libre de gases y a la misma temperatura. Esta definición se refiere al término que en ingles se conoce como: **Bulk Specific Gravity**, y que se determina para usarse en el diseño de mezcla con la condición de que el material debe estar saturado y superficialmente seco. Un material esta saturado y superficialmente seco cuando no existe agua libre en la superficie de sus partículas, pero que todos los vacíos dentro de las mismas están llenos de agua.





En la práctica el concepto de gravedad específica relativa es muy utilizado para comparar pesos de distintos materiales que han de usarse para diferentes fines y en distintas situaciones. Lo anterior obliga a las personas que constantemente hace uso de dichos conceptos a familiarizarse con los distintos métodos que existen para determinarlos.

Existen básicamente dos métodos: Método de la balanza hidrostática, Método del frasco, ambos se basan en el mismo principio (**principio de Arquímedes**). Para el caso del agregado fino se emplea con ventaja el método del frasco.

Físicamente se obtiene midiendo el volumen desalojado para una muestra de arena en el estado saturado y superficialmente seco, a la que luego se determina su peso seco. La relación de peso seco a volumen desalojado referida al peso de un volumen igual de agua da la gravedad específica.

Para determinar la gravedad específica del material estudiado se empleo el método de ensayo A.S.T.M. C-128, generalmente se requiere que el valor de la gravedad específica del material a usarse en mezclas este comprendido entre 2.50 y 2.75. La A.S.T.M. no incluye dentro sus especificaciones ningún valor límite para la gravedad específica.

La gravedad específica de las arenas esta influenciada por la naturaleza misma de la arena, que como se indico al hablar de su origen y formación, bien puede estar formada de diferentes minerales y que a su vez se encuentran en diferentes proporciones.

#### **II.5.4.1 Gravedad específica o Peso específico (A.S.T.M. C- 128).**

En el sentido más amplio el peso específico de una sustancia es simplemente el peso de esa sustancia, dividido por el peso de un volumen igual de agua en las condiciones normales. Dentro del concepto así descrito la ASTM ha preparado



definiciones que cubren el diferente tipo de peso específico que importan en el estudio de los agregados para el concreto de cemento Portland.

Estas definiciones vienen precisamente al caso, y las tomamos de las especificaciones de ASTM 128. Son como sigue:

1) Peso específico es la relación del peso en el aire de la unidad de volumen de un material permeable (incluyendo los vacíos permeable e impermeables del material) a una temperatura determinada al peso en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada desprovista de aire a una determinada temperatura,

2) El peso específico aparente es la relación de peso en el aire de un volumen unitario de un material a una temperatura determinada al peso en el aire de igual densidad, de un volumen igual de agua destilada desprovista de aire a una temperatura determinada. Si el material es un sólido, el volumen deberá ser el de la porción impermeable.

El peso específico es importante por varias razones. Primero, es un índice de calidad que puede utilizarse para separar el material bueno del malo. Las arcillas laminares, el carbón de piedra y el lignito, sean reconocido desde hace tiempo como perjudiciales para el concreto y generalmente peso específico bajo.

#### **II.5.5. Agua libre y Absorción (A.S.T.M. C- 128).**

El agua libre y la absorción se consideran junta, por que en la práctica existe un efecto reciproco que debe tomarse en cuenta. Antes de tratar de estas facetas especificas del problema, sin embargo, el agua en su ausencia puede producir en los agregados los estados siguientes:

- 1) Secado en el horno: Este estado cuando al añadir más calor ya no disminuye de peso. No contiene agua es un estado que se puede reproducir,



- 2) Secado en el aire: Esta condición depende de la temperatura y la humedad locales. No contiene agua superficial, pero generalmente la contiene en el interior.
- 3) Saturado con la superficie seca: Se llena todos los poros de la partícula, pero no contiene agua libre en la superficie. Este es un estado que se puede reproducir y que tiene mucha aplicación en el cálculo de las mezclas.
- 4) Húmedo: Los poros interiores es llenos, y contiene agua libre en la superficie.

Puede considerarse como agua libre la que las partículas tenga en exceso de la correspondiente a los agregados saturados con la superficie seca. Esta agua libre puede considerarse como una adición al agua total de la mezcla y, por lo tanto, influye directamente en la relación A/C. el control de agua libre que se añade a la mezcla plantea unos de los problemas mas difíciles en la fabricación de concreto.

La absorción, o la capacidad de absorción, de un agregado es la capacidad para admitir y sostener agua en los espacios interiores constituido por los poros. Esta característica de los agregados debe considerarse por dos razones principales:

1. Las comprobaciones que se hace en el campo, la humedad total se determina con mayor facilidad, y el valor de la absorción puede restarse para obtener el porcentaje de agua libre deseado para la dosificación de la mezcla (este valor puede ser positivo o negativo).
2. La absorción, la calidad del agregado. En particular, se ha demostrado que existe un relación reciproca entre la constancia de volumen del agregado, medidas por medio de las pruebas del sulfato de magnesio y por las congelación – descongelación, y la absorción



## **II.6. Significado de las pruebas.**

### **a) Análisis granulométrico.**

En la actualidad se disponen de especificaciones granulométricas entre cuyos límites se asume la obtención de un concreto con propiedades satisfactorias debido a la graduación ideal dado los diferentes tipos de agregados existentes, así vemos que la A.S.T.M. limita la granulometría de una arena para concreto en sus especificaciones C 33-67. En dichas especificaciones pueden ser cambiadas según la necesidad, como la especificación A.S.T.M. C-331 59-T que se refiere a la granulometría de agregados de peso ligeros.

### **b) Módulo de finura.**

El módulo de finura es una medida de la finura o grosor y, con respecto a los agregados finos, también se puede considerar un índice de su valor lubricante en la mezcla. Este índice es importante por el segundo papel principal que desempeña en la mezcla. El primer papel es, por supuesto de relleno que se acomoda dentro de los intersticios de los agregados gruesos. El segundo es de un lubricante, o de una serie de rodillo, para el agregado grueso, para mejorar la manejabilidad de la masa de concreto.

### **c) Pesos volumétricos.**

El peso volumétrico de un agregado está íntimamente ligado a la gravedad específica del mismo. Valores bajos del peso volumétrico son una indicación de que dicho agregado es de característica porosa o bien que está formado de partículas livianas. En realidad la determinación del peso unitario no puede considerarse como factor decisivo para determinar sobre la calidad de un agregado, se requieren ensayos adicionales para confirmar dicha calidad.

### **d) Gravedad específica.**

Según la definición anterior indicada, lo que se obtiene es la gravedad específica relativa en la que se toma como referencia el agua. La gravedad específica es un número abstracto que indica las veces que un material pesa



mas o menos que el agua. La obtención de valores bajos en cierto caso se debe a la contaminación del agregado con materiales dañinos que puede perjudicar el comportamiento de la mezcla. El valor de la gravedad específica se emplea en el diseño de mezcla de concreto para **transformar los pesos en volúmenes**, y determinado por la prueba estándar de la A.S.T.M. es adecuado para el fin anteriormente mencionado, influye en el valor de “peso unitario”.

#### **e) Agua libre y Absorción.**

En el proporcionamiento y ajuste de la mezcla de concreto interesa conocer la humedad y absorción del agregado.

En el ajuste de concreto el valor que se usa para corregir la cantidad de agua que habrá de incorporarse a la mezcla sin que la relación agua-cemento cambie, es el contenido de humedad. Al ampliar dicho valor se considera el valor de la absorción la cual refleja la existencia de pocos o muchos vacíos permeables de la arena.

Anteriormente en la definición del concreto se indico que el material inorgánico como aglutinante más común es el cemento, en el acápite siguiente se describe ligeramente este material hasta un alcance necesario para un estudio en cuestión.

## **II.7 Cemento portland.**

### **II.7.1. Composición de los cementos portland.**

Cemento natural es el material obtenido por la pulverización de las calizas arcillosas naturales calcinadas o de otras rocas adecuadas. Se pueden añadir sustancias para regular el fraguado y la inclusión de aire después de la calcinación. Como se usa una sola materia prima, este producto es difícil de controlar por lo que ha disminuido su popularidad las especificaciones de la A.S.T.M. C10-62T cubre las propiedades físicas y químicas de los materiales da procedimientos de prueba y establece cual es el mínimo de pruebas necesario.



El cemento Pórtland se fabrica con una mezcla de materiales que contienen cal y arcilla que se calcinan hasta formar una escoria que consiste esencialmente de silicato de calcio hidratado. Luego, se pulveriza de esta escoria hasta tener una finura que le permite pasar a la casi totalidad de su partícula por una criba de 40000 aberturas por pulgada cuadrada. También se puede añadir yeso para controlar la velocidad del fraguado, y otros materiales que le ayuden a la molienda y agentes inclusores de aire, en pequeñas cantidades la especificación de la A.S.T.M. C150-61 se refiere al cemento Pórtland y trata del tema como la composición química y física de su manejo y de los métodos de prueba.

Los cementos Pórtland están compuestos principalmente de tres óxidos: sílice ( $\text{SiO}_2$ ), Calcio ( $\text{CaO}$ ) Y aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) con pequeñas cantidades de  $\text{MgO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , también presentes. Los cementos no son simple mezclas de estos óxidos, sino mezclas de combinaciones de los óxidos básicos. Se reconocen cuatro compuestos principales en el cemento Pórtland. Estos compuestos se dan en la siguiente tabla por nombres químicos y símbolos.

Los compuestos principales del cemento Pórtland contribuyen de varias maneras en las propiedades del cemento. Utilizando estas características, se han elaborado cemento Pórtland que satisfagan requisitos específicos

**Tabla # 3**

**Compuestos principales en el cemento pórtland.**

Nombre del compuesto	Composición de los óxidos	Abreviatura
Silicato tri cálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_3\text{S}$
Silicato dicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_2\text{S}$
Aluminato tri cálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{C}_3\text{A}$
Aluminoferrita tri cálcica	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{C}_4\text{AF}$

Algunas de las características de los principales compuestos se dan en la tabla siguiente:

**Tabla #4****Influencia de los principales compuestos que ocurren en los cementos portland.**

Propiedades	Influencia relativa de cada compuesto			
	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF
Rapidez de reacción	Mediana	Lenta	Rápida	Lenta
Calor liberado, por unidad de compuesto	Mediano	Poco	Mucho	Poco
Valor cementante por unidad de compuesto:				
Inicial	Bueno	Malo	Bueno	Malo
Ultimo	Bueno	Bueno	Malo	Malo

Por ejemplo, en las construcciones de mucho espesor, como en las empresas de concreto grandes, un cemento ordinario desprendería grandes cantidades de calor (aproximadamente 100 cal/g de cemento). Para evitar los peligrosos efectos de la elevada temperatura, la composición se altera de manera que los compuestos que producen elevadas temperaturas C<sub>3</sub>S y C<sub>3</sub>A, estén presentes en cantidades menores, lo que produce un desprendimiento de calor de 60 a 70 cal/g.

La American Society for Testing and Materials da una especificación (ASTM C150-61) que cubre cinco tipos de cemento Portland, que se supone que abarca los cinco tipos de cemento Portland que satisfacen los campos principales en los que son indispensables propiedades especiales. Se puede obtener propiedades modificadas especiales con el uso de aditivos. La tabla siguiente muestra la composición típica de los cinco tipos de cemento Portland cubierto por la ASTM.

**Tabla # 5****Tipos de cemento portland.**

Tipo de cemento	Porción de compuestos, en porcentajes			
	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> SAF
I. Normal	45	27	11	8
II. Modificado	44	31	7	13
III. De elevada resistencia	53	19	10	7
inicial	20	52	6	14
IV. De bajo calor				
V. Resistencia a los Sulfatos	38	43	4	8

**II.8. Definiciones generales sobre bloques.****II.8.1. Bloques de concreto.**

Las piezas individuales que se obtienen al mezclar y moldear agua, cemento Pórtland y agregados tales como arena, grava, piedra triturada, ceniza y escorias de altos hornos para ser utilizadas en paredes, fundaciones y otros detalles estructurales, reciben el nombre de unidades de mampostería. Sin embargo, en el ambiente de la construcción de viviendas y edificios, tienen el nombre de Bloques de Concreto.

El bloque permite un planeamiento rápido, fácil y de pronta erección y no requiere mano de obra de gran experiencia.

**II.8.2. Características.**

El bloque de buena calidad asegura firmeza y durabilidad en cualquier estructura. El bloque con todos sus bordes rectos y esquinas bien definidas es de fácil colocación y de apariencia nítida. Las características físicas de resistencia compresiva, absorción y contenido de humedad, deben cumplir con las especificaciones que exige en cada país la autoridad revisora de la calidad del material, por medio de normas





establecidas. En nuestro país se siguen las establecidas por la American Society for Testing and Materials (A.S.T.M.).

A continuación se presenta la clasificación de los bloques y los requisitos de calidad que exigen las normas **A.S.T.M.** de EE.UU. y normas Británicas del Reino Unido

### **II.8.3. Clasificación.**

De modo general los bloques se clasifican atendiendo a dos parámetros, a su superficie sólida y a su peso

**a):- El bloque puede clasificarse en cuanto al porcentaje de superficie sólida neta en:**

- Bloques sólidos:** Es aquel en el cual el área de las celdas no es mayor del 25% del área total de la sección de aplicación de la carga.

- Bloques huecos:** Se considera hueco cuando el área de las celdas es igual o mayor del área total de la sección de aplicación de carga. El área hueca en bloques clasificados como tales oscila entre el 25% y el 50% del área total de la sección de aplicación de la carga. Ésta último porcentaje en el área de las celdas es el máximo que se puede admitir en un bloque ordinario.

**b).- En cuanto al tipo de agregado se pueden clasificar en:**

- Bloques pesados:** Es aquel que se fabrica con agregados pesados, tales como arena, grava, piedra triturada y escoria de altos hornos.

- Bloques livianos:** Es el fabricado con agregados livianos, tales como ceniza de carbón, ceniza volcánica, piedra pómez, con aditivos aireantes.



#### II.8.4. Clasificación de bloque de concreto según la A.S.T.M.

La A.S.T.M. para la clasificación toma en cuenta si la unidad va a soportar carga o no, y si va a estar expuesta a la intemperie y dependiendo el tipo de bloque así estipula los requerimientos.

La A.S.T.M. clasifica el bloque de la manera siguiente:

**Tabla # 6**

##### **Clasificación de bloque de concreto según la A.S.T.M.**

<b>A.S.T.M C-55</b>	Ladrillo de concreto para construcción.
<b>A.S.T.M C-90</b>	Unidades huecas de carga, de concreto, para mampostería.
<b>A.S.T.M C-129</b>	Unidades huecas no de carga, de concreto, para mampostería.
<b>A.S.T.M C-145</b>	Unidades sólidas de carga, de concreto, para mampostería.

Los tipos aptos para soportar cargas se obtienen en 2 grados o calidades:

1. **Grado N:** para uso general, como muros exteriores arriba o abajo del terreno que pueden o no estar expuestos a la penetración de la humedad o a la intemperie y para muros de respaldo e interiores.
2. **Grado S:** para muros exteriores situados arriba del terreno, con recubrimiento protector contra la intemperie, y para muros interiores.

Estos grados se subdividen en 2 tipos:

1. Unidades del tipo I de humedad controlada, N-I y S-I.
2. Unidades del tipo II de humedad no controlada, N-II y S-II.

**Tabla # 7****Requisitos de la A.S.T.M. para las unidades de mampostería de concreto.**

<b>Designación A.S.T.M.</b>	<b>Grados</b>
<b>C 55</b>	<p><b>Grado U:</b> para ser usado como revestimiento arquitectónico y unidades de revestimiento en muros exteriores y para cuando se desean una alta resistencia mecánica, así como una alta resistencia a la penetración de la humedad y a la acción de congelación.</p> <p><b>Grado P:</b> Para uso general, en donde se desea una resistencia mecánica moderada así como una moderada resistencia a la acción de congelación y a la penetración de la humedad.</p> <p><b>Grado G:</b> para usarse en mampostería de respaldo o interiores, o en donde se tiene una protección eficaz contra la penetración de humedad.</p>
<b>C 90</b>	<p><b>Grado N:</b> para uso generales, como en muros exteriores abajo y arriba de la rasante que puedan estar expuestos o no a la penetración de humedad o a la intemperie, y para muros interiores y de respaldo.</p>
<b>C 145</b>	<p><b>Grado S:</b> De uso limitado arriba de la rasante en muros exteriores con recubrimientos protectores contra la intemperie y en muros que no están expuestos a esta.</p>
<b>C 129</b>	Sin requisitos.

**Tabla # 8**

**Requisitos de resistencia y absorción para las unidades de mampostería de concreto.**

Tipo de unidad de mampostería	Resistencia a la compresión del área bruta (lb./plg <sup>2</sup> )		absorción de agua (máx. lb./ft <sup>3</sup> ) Promedio de tres unidades		
	Promedio de tres unidades	Individual	Peso seco al horno en (lb./ft <sup>3</sup> )		
			Mas de 125	105-125	105 o menos
Unidades huecas de carga C-90 Grado N-I, N-II Grado S-I, S-II	1000 700	800 600	13	15	18 20
Unidades sólidas de carga C-145 Grado N-I, N-II Grado S-I, S-II	1800 1200	1500 1000	13	15	18 20
Ladrillo de concreto para la construcción C-55 Grado N-I, N-II Grado S-I, S-II	3500 2000	3000 2000	10 13	13 15	15 18
Unidades huecas no portantes C129 Tipo I, II	600	500			



### **II.8.5 Clasificación de bloques de concreto según las normas Británicas.**

Los tamaños y las propiedades generales de los bloques de concreto, tanto ligero como denso, se regula en el Reino Unido, en sus normas Británicas principalmente en B.S. 2028 – 1953 presentan 3 tipos de bloques principales así como sus principales características y especificaciones.

- Bloque tipo A.** Abarca todo lo relativo a bloques de concreto fabricados con agregados densos, destinados para muros de carga.

- Bloque tipo B.** Comprende a bloques hechos de concreto con agregados de peso ligero para emplearse en muros de carga ya sea exteriores o divisorios, o para tableros de relleno en estructuras reticular.

- Bloque tipo C.** Es para todo tipo de concreto con agregados de peso ligero para utilizarse en muros sin cargas, muros divisorios y tableros exteriores para edificios con estructuras reticuladas.

Esta especificación no cubre a los bloques de acabado, ni tampoco se aplica estrictamente a los bloques de concreto aireado para la construcción.

En la fabricación de bloques se usan un tipo de agregado: el agregado fino.



### II.8.5.1. Requisitos de la resistencia de bloque concreto para las normas

#### Británicas.

Resistencia a la compresión de bloque de tipo A y B. No debe ser menor que el mayor dado a continuación.

#### Bloque tipo A:

Resistencia a la compresión en kilogramo por centímetro cuadrado ( $\text{Kg/cm}^2$ ) basada en el área total \*

Promedio de 12 bloque	Bloques individual más bajo
<b>28.12</b>	<b>26.37</b>

#### Bloque tipo B:

Resistencia a la compresión en kilogramo por centímetro cuadrado ( $\text{Kg/cm}^2$ ) basada en el área total \*

Promedio de 12 bloque	Bloques individual más bajo
<b>28.12</b>	<b>21.09</b>

#### Bloque tipo C:

Los bloques de tipo C no son adecuados para soportar cargas, pero, no obstante eso, deberán poseer una resistencia suficiente para evitar que se rompan durante su manejo; y para esto a los bloques se especifican cierta resistencia transversal mínima.

\*Si se requieren bloques de mayor resistencia estos deben cumplir con los requisitos de las especificaciones exceptuando si el comprador y el proveedor están de acuerdo en, (i) los valores para la resistencia promedio a la compresión y la resistencia mas baja de un bloque individual que deberán ser usados en lugar de los valores dados anteriormente, y (ii) para los bloques del tipo A, el valor de la contracción por secado en lugar del dado en la cláusula 10. (Modificado el 9 de abril de 1964).



### **II.8.5.2. Densidad del bloque ligero según normas Británicas.**

La densidad del concreto de peso ligero usada para bloque sólido o hueco no excederá de  $1602 \text{ Kg/m}^3$ . (Gravedad específica 1.6),

### **II.8.6. Propiedades físicas de los bloques.**

#### **II.8.6.1. Modulación.**

Las dimensiones de los bloques de concreto se determinan principalmente en función de su adaptabilidad para fines de construcción, pero en función de la densidad del material del cual se fabrica. El tamaño ideal de un bloque de concreto debe ser tan grande como sea posible y lo suficientemente liviano como para que lo maneje un solo obrero. Sean establecido ya tamaño normalizados para facilitar la fabricación, pero generalmente los fabricantes pueden y desean hacer bloques de tamaños no normalizados si el cliente así lo solicite pero siempre es preferible que tales bloques especiales tengan dimensiones que represente algún múltiplo de un módulo conveniente. El modulo general mente utilizado es el de la mitad del tamaño de un bloque.

El tamaño nominal de los bloques para la construcción por el cual se le conoce en el mercado, incluye el espesor de la junta de mortero en el trabajo de mampostería terminado. Así un bloque de  $6'' \times 8'' \times 16''$  (pulgadas) en realidad mide  $5 \frac{5}{8}'' \times 7 \frac{5}{8}'' \times 15 \frac{5}{8}''$  (pulgadas), considerando una junta de mortero de  $\frac{3}{8}''$  (pulgadas). Los tamaño de los bloques no siempre corresponde exactamente a los marcados en las especificaciones, de modo que se deben admitir cierta tolerancia; éstas son  $\pm \frac{1}{8}''$  (pulgadas) tanto en longitud, altura y ancho de las unidades según la ASTM Designación C 90-75.

Si se toman ventaja de los tamaños nominales de las unidades, se puede simplificar mucho la construcción y se minimiza el corte o ruptura de las unidades. Para una simplificación adicional, existen bloques de media longitud. Todas las dimensiones verticales deben de estar en múltiplos de unidades de altura completa nominal y, las



dimensiones horizontales en múltiplos de unidades de media longitud deben planearse.

Para lograr economía en la construcción las paredes de bloques de concreto deben ser planeadas de tal manera de lograr un máximo uso de unidades, esto minimiza el cortar y ajustar unidades en la obra, operaciones que hacen lenta la construcción. En un planeamiento modular, las dimensiones usadas en los planos son nominales y se consideran de centro a centro de la junta de mortero.

#### **II.8.6.2. Acabado y Apariencia.**

Todas las unidades deben de estar sana y no deben tener fisura ni otros defectos que intervenga con el proceso de colocación de la unidad apropiada o que perjudiquen seriamente la resistencia o permanencia de la construcción; las fisuras menores inherente al método de fabricación, o las desportilladuras menores que resulta de los método usuales de manipulación en el despacho y entrega, no son motivo de rechazo.

Cuando las unidades se van a utilizar en construcción de mampostería expuesta, la pared o paredes de las unidades, que van ha estar expuestas, no deben presentar desportilladura o grietas, ni se permiten otras imperfecciones visibles cuando se observan desde una distancia mayor o igual a 6mts, con una fuente de luz difusa.

El color y textura debe de ser homogénea por cada lote de bloque. El acabado de las unidades que van a estar expuestas deben de estar conforme a una muestra aprobada de cada lote que representa el color y la textura permitida.

Las unidades que van a utilizarse para un recubrimiento posterior deben de tener una buena superficie con textura abiertas para una mayor adherencia.





### **II.8.6.3. Absorción del bloque.**

La absorción en las unidades de mampostería de concreto frecuentemente se toman como una indicación de su durabilidad y esta se observa después de un periodo de 24 horas de inmersión en el agua. La norma ASTM C 140 describe el método por el cual la cualidad de absorción de agua del bloque puede medirse para cumplir con los límites de contenido de humedad y absorción. El promedio de 3 unidades de tamaño completo se toma para cada muestra. El reglamento nacional de la construcción no tiene especificaciones respecto a la absorción.

La absorción de un bloque es un índice de la densidad del concreto usado en su elaboración. Por consiguiente el concreto es uno de los principales factores que deben controlarse para obtener bloque de alta calidad. Cuanto mayor sea la absorción del bloque menor será su densidad, presentándose mayores contracciones y por lo tanto mayor número de fisura. De acuerdo con prueba de laboratorio de la National Concrete Masonry Association, los bloques de concreto que tienen mayor absorción y mayor peso volumétrico absorben menor cantidad de agua y desarrolla poca contracción por pérdida de humedad; por el contrario los bloques de mayor absorción y menor peso volumétrico absorben mayor cantidad de agua experimentando mayores contracción y requieren mayor tiempo para su secado.

Los bloques elaborados en maquinaria de alta vibro-compresión y curado a vapor son muy densos y por lo tanto poco absorbente. El curado a vapor reduce las contracciones por pérdida de humedad. En cambio los bloques elaborados en maquinaria de baja vibro-compresión son menos densos y experimenta mayores contracciones. La existencia de humedad en los bloques puede deberse a:

1. No haber fraguado todavía.
2. Haber sido mejorado posteriormente a la fraguada.

El primer caso es el mayor peligro ya que las máximas contracciones ocurren durante el tiempo de fraguado.



Cuando se usan bloques mejorado en la construcción de un muro, la unidad sufre contracciones al perder el agua por evaporación pero estas contracciones son restringidas por el mortero de las juntas, con lo cual se produce esfuerzo de tensión y esfuerzos cortantes que son una de las principales causa de las fisuras.

#### **II.8.6.4. Curado.**

El curado puede definirse como el conjunto de condiciones necesarias para que la hidratación de la pasta de cemento evolucione sin interrupción hasta que todo el cemento se hidrate y el concreto alcance sus propiedades potenciales. Estas condiciones se refieren básicamente a la humedad y la temperatura. El curado consiste en mantener un contenido satisfactorio de humedad y temperatura en las unidades recién elaboradas, para que se puedan desarrollar las propiedades deseadas. La resistencia y la durabilidad del bloque se desarrollan plenamente solo si se curan de manera adecuada.

El agua de curado constituye el suministro adicional de agua para hidratar eficientemente el cemento. En primer lugar, este suministro adicional depende de la humedad del ambiente, ya que la evaporación del agua libre de la pasta ocurre con tanta mayor rapidez cuanto menor es la humedad relativa del ambiente.

Debe prestarse especial atención a las unidades para asegurar que no se pierda una cantidad excesiva de agua de la superficie durante el ciclo del curado ya que estas son retiradas de los moldes inmediatamente después del curado, permitiendo así que la mayor parte de la superficie del bloque quede expuesta a las condiciones ambientales.

##### **II.8.6.4.1. Tipos de curados.**

- Curado por irrigación:** Este consiste en estar irrigando los bloques, ya almacenados en el patio varias veces al día, durante un periodo de 3 a 7 días. Este curado no es tan efectivo, pero se han obtenido buenos resultados si se realiza de manera eficiente.



•**Curado con vapor a presión atmosférica normal:** Este consiste en someter los bloques a la saturación de vapor de agua a baja presión. Procedente de la caldera, el vapor llega a la cámara de curado a través de una tubería metálica recubierta exteriormente por una capa o base de fibra de vidrio que permiten minimizar la pérdida de temperatura a todo lo largo de ella. La salida de vapor dentro de la cámara esta localizada en el punto mas adecuado de tal modo que la distribución de vapor sea la más eficiente y uniforme. En condiciones normales la presión en la cámara y en el interior de los bloques es igual a la presión atmosférica. Tan pronto como se comienza el suministro de vapor la presión en la cámara va aumentando y por difusión el vapor de agua penetra en los bloques llenando todos los vacíos existentes entre las partículas, de esta manera se acelera el periodo de hidratación del cemento aumentando la velocidad el desarrollo de la resistencia del concreto. El punto de saturación, en el cual los bloques quedan totalmente curado, se obtiene cuando:

1. La temperatura, la cantidad de vapor por espacio unitario y la presión del mismo, es igual a la del exterior e interior de los bloque.
2. El bloque alcanza su máximo peso constante.

El vapor se mantiene hasta que se logran estas condiciones. Esto ocurre generalmente a las dos horas del comienzo de introducción del vapor y a la temperatura de 165°F (80°C, entonces se suspende el suministro de vapor y los bloques quedan en reposo en la cámara durante 14 a 16 horas adicionales completando así un ciclo de 24 horas). Si se mantiene el vapor después de haberse alcanzado el punto de saturación, la temperatura dentro del bloque llega a ser mayor que la del aire de la cámara de curado. Produciéndose así evaporación del agua en el interior del bloque. Esta pérdida de agua del bloque se traduce en una hidratación deficiente y por tanto en un mal curado.

Debe existir un estricto control para el curado de los bloques. Si el suministro de vapor es deficiente y la temperatura es excesiva, la hidratación del



cemento se realizara inadecuadamente resultando un producto frágil y de poca consistencia.

Para llevar a cabo este control las fábricas modernas disponen de un equipo especial ubicado en el lugar más apropiado en la cámara de curado:

1. Varios termómetros para verificar la temperatura en distintos puntos de la cámara.
2. Un reloj para controlar el tiempo de curado.
3. Una balanza de gran presión para establecer el peso máximo constante del bloque saturado.

La ventaja de este procedimiento es que con un solo día de curado se logra tener una unidad lista para el mercado con un 60% de la resistencia requerida a los 28 días. Por lo general este curado se efectúa en cámaras largas y angosta en la que se almacena los bloques y posteriormente se introduce el vapor de agua. El incremento inicial de temperatura y la reducción posterior de ella es un factor variable en fábricas. El más utilizado es alcanzar de 50 °C en periodo de 2 a 3 horas, a 80 °C en menos de 6 a 7 horas después del tiempo de mezclado. Es sumamente importante esperar de 2 o 3 horas después de elaborado el bloque, antes de someterlo al vapor sin lo cual en vez de ser benéfico este curado, resulta perjudicial.

•**Curado a vapor de alta presión:** El curado de bloque de concreto mediante vapor a alta presión en autoclave es considerablemente superior a otro método, pues mejora muchas características del concreto, en la que se puede mencionar alta resistencia inicial. En solo 24 horas se consigue una resistencia semejante obtenida en 28 días.



1. Gran durabilidad. Mejora la resistencia del concreto a sulfatos y otras sustancias químicas. Reduce también el ensalitramiento.
2. Reduce la contracción por secado.

La desventaja de este sistema estriba en la instalación y el mantenimiento de autoclaves que son sumamente costosas.

#### **II.8.6.5. Almacenamiento.**

Los bloques de concreto una vez curado deben ser trasladado a un lugar de almacenamiento, es preferible que los bloques se almacenen sobre planchas o cualesquiera otro soportes para conservarlos fuera del contacto con el suelo y deben cubrirse con lona, plástico o papel impermeable, para protegerlo contra la humedad, si las condiciones atmosféricas lo requieren.

#### **II.9. Diseño de la mezcla.**

Previo a la fabricación de concreto o bloque de concreto es necesario antes, diseñar un concreto, es decir un mortero (agregado-cemento); por lo tanto hay que estar informado sobre el diseño de mezcla.

El diseño de una mezcla de concreto puede definirse como la selección de los materiales más adecuados, esto es, cemento y agregados; las proporciones más económicas de cemento, agua y de los diferentes tamaños de los agregados, para producir un concreto que tenga las propiedades físicas requeridas. Las dos propiedades principales con que se diseña los concretos ordinarios hecho con agregados naturales son: el grado de trabajabilidad y la resistencia al aplastamiento a los 28 días. La trabajabilidad es de gran importancia, puesto que en concreto normales, en la estructura, resulta esencial que el concreto quede perfectamente compactado, mientras que en algunos tipos de concretos ligeros, por ejemplo; en concretos ligeros sin finos o concreto con agregado de peso ligero usado para la fabricación de bloques, se obliga deliberadamente a que su estructura quede parcialmente compactado o porosa.



El concreto común hecho con agregados pétreos de peso normal se ha usado cada vez más en mayor proporción como un material estructural y se han realizado numerosas investigaciones sobre sus propiedades. Se debe, ahora, como los cambios en las propiedades de los materiales constitutivos así como sus proporciones de mezclas relativas afectan la resistencia al corte y al aplastamiento, al método de Young, movimientos térmicos y contracciones, resistencia al agrietamiento, capaz de resistir fuerzas de desgastes y condiciones climatológicas y otras propiedades. El efecto de los cambios en las proporciones de la mezcla, sobre algunos de estos factores es semejante a su efecto sobre la resistencia al aplastamiento. El concreto común para estructuras es por lo tanto, diseñado para desarrollar una cierta resistencia al aplastamiento a los 28 días.

En 1918 Abrams formuló la bien conocida ley, de que la resistencia al aplastamiento del concreto perfectamente compactado depende principalmente de su relación agua/cemento, esto es:

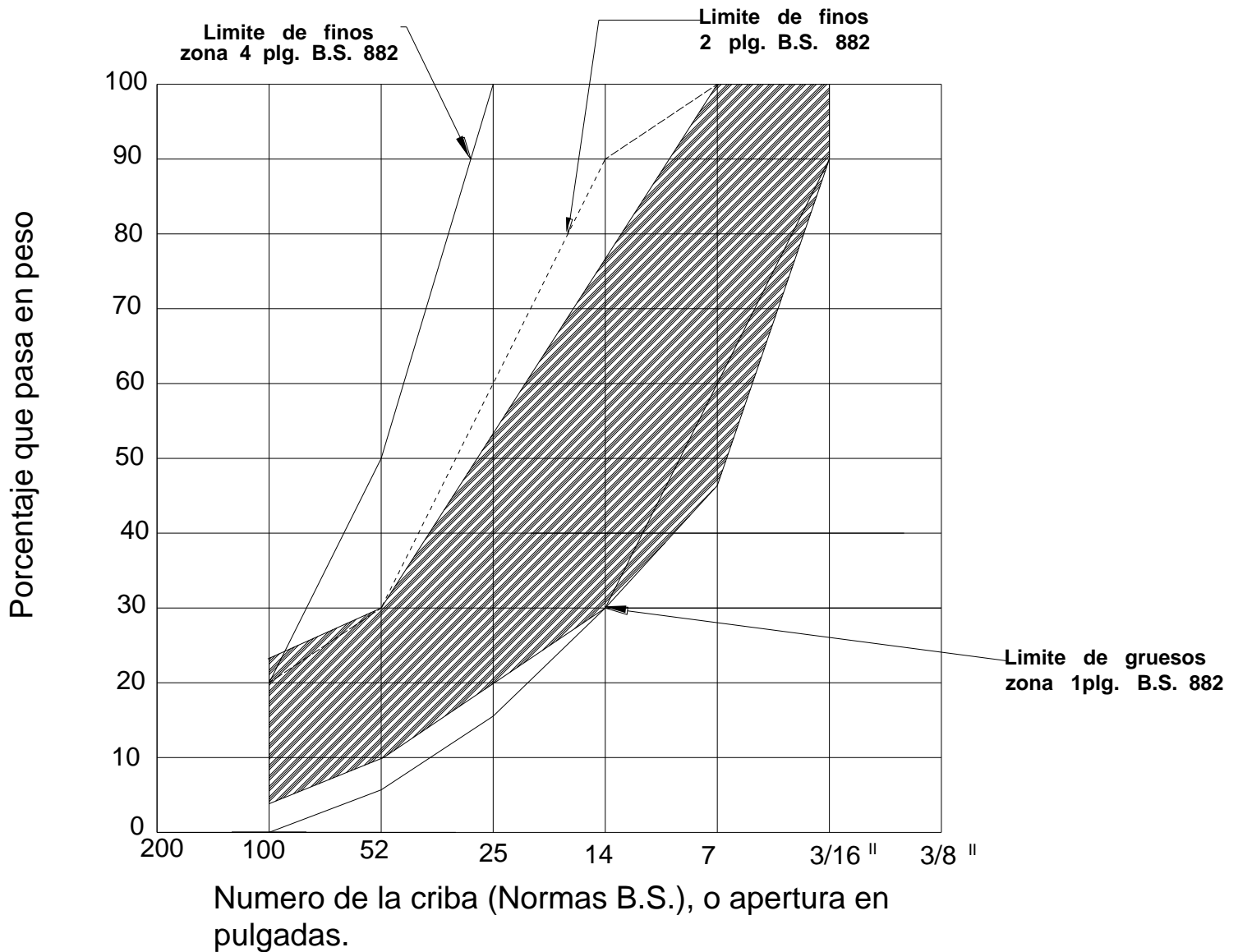
$$A/C = \text{Peso del agua en la mezcla} / \text{peso del cemento en la mezcla}$$

El termino relación agua/cemento, es utilizado como la relación agua total cemento, esto es, se supone que el peso del agua en la mezcla incluye el peso del agua que ha sido absorbida por los agregados.

Existen varios métodos de diseño de mezclas para concreto ordinario de grava o piedra triturada, basado en esta relación. Uno de los factores de gran importancia para decidir sobre las proporciones de las mezclas y que deberá usarse es la granulometría del agregado, particularmente la del agregado fino, para agregado de peso ordinario común existe un amplio límite de granulometría adecuada. Hay también diferencias en la granulometría requerida para distintos tipos de concretos ligeros **tabla# 9**. La graduación de la mayor parte de los agregados finos de peso ligero es más tosca que la de los agregados finos naturales, así como también la gama de granulometría, es menos amplia que en estos últimos **Grafico # 2**.

**Grafico # 2:**

**Granulometría de los agregados finos de peso ligero comparados Con los limites especificados por las normas B.S. 882 (la granulometría de los agregados finos ligeros en la zona sombreada).**



**Tabla # 9**

**Tipos y granulometrías de los agregados que pueden ser utilizados en la fabricación de diferentes tipos de concretos ligeros.**

<b>Tipo de concreto ligero</b>	<b>Tipo de agregado</b>	<b>Granulometría del agregado; limite del tamaño de sus partículas</b>
<b>(I)</b> Concreto sin finos No estructural	-Agregado natural que cumpla con las especificaciones B.S. 882. -Escoria de alto horno que cumpla con las especificaciones B.S. 1047. -Escoria de hulla que cumpla con las especificaciones B.S. 1165. -Otros agregados ligeros pueden también ser adecuados	El tamaño nominal de los granos del material debe estar comprendido entre Cribas B.S 10 y 19 mm.
<b>(II)</b> Concretos parcialmente compactado con agregados ligeros No estructural	-Escoria de hulla que cumpla con las especificaciones B.S. 1165. -Escoria espumosa que cumpla con las especificaciones B.S. 877. -Arcillas, esquistos y pizarras expandidas. -cenizas sinterizadas de combustible en polvo. -vermiculita y perlita expandidas.	Pueden tenerse agregados cuyos granos sean de menor tamaño nominal, o bien, que sean de material grueso y fino (de 5mm y menores) combinados, que tengan una granulometría continua pero tosca, que produzca un concreto poroso.
<b>(III)</b> Concreto estructural con agregados ligeros (completamente compactados) estructural	-Escoria espumosa que cumpla con las especificaciones B.S. 877. -Arcillas, esquistos y pizarras expandidas. -cenizas sinterizadas de combustible en polvo.	Material con granulometría continúa desde 13 o 19 mm. Hasta polvo, con un numero aumentado de finos (menores de 5 mm), para que produzcan una mezcla de concreto densa y trabajable.





Con distintos tipos de concreto de peso ligero no siempre se pueden aplicar las mismas consideraciones de resistencia y trabajabilidad por ejemplo; la ligereza en peso es de primordial importancia si el concreto se requiere para aislamiento térmico; si el concreto se requiere para la fabricación de bloques, uno de los factores que incluye en la selección de las proporciones de la mezcla es la facilidad para poderse sacar del molde inmediatamente.

Aun con el diseño de mezclas para concreto normal a base de grava o piedra triturada, los métodos utilizados tienen como fin el producir una mezcla provisional, que pueda o no llenar completamente los requisitos especificados, pero si dar un punto de partida del cual se pueden hacer modificaciones que vallan produciendo la calidad deseada para el concreto, esto es aún más aplicable en los concretos de peso ligero, en vista de que para ciertos requisitos funcionales dados habrá siempre un buen número de mezclas igualmente adecuadas, que dependen de los agregados utilizados y de los métodos usados en la manufactura del concreto. No obstante, como se indico anteriormente, la granulometría de los agregados ligeros es más restringida, y sus otras propiedades físicas varían considerablemente para distintos tipos de agregados. Estas propiedades incluyen forma de la partícula, textura superficial, densidad o granel, absorción y dureza o resistencia inherente. Uno de los métodos para comparar la resistencia de un agregado es la prueba del “10 % de finos”, descrita en las normas Británicas B.S. 812, sección 6. Una complicación más se origina por el hecho de que algunos tipos de concreto ligeros no son completamente compactados y puede ser difícil reproducir el mismo grado de compactación parcial. Por ejemplo; si el contenido de cemento de una mezcla se incrementa, la resistencia de la misma, por lo general, también se incrementa, pero si el concreto de contenido de cemento más alto se compacta menos que el concreto más pobre, entonces su resistencia puede ser más baja que la de este ultimo.

La **tabla # 10** proporciona el límite de alguna de las propiedades físicas de diferentes tipos de concretos ligeros. No es posible en este punto describir métodos específicos para diseñar mezclas de concreto hechas con diferentes tipos de agregados



de peso ligero, pero si es posible dar una idea sobre la manera en que la selección de los agregados y las proporciones de las mezclas afectan las propiedades del concreto producido. En vista de que los requisitos funcionales para diferentes tipos de concretos ligeros varían, es necesario considerar por separado cada uno de los cuatro tipos de concretos siguientes:

- Concreto sin finos.
- Concreto parcialmente compactado con agregados ligeros.
- Concretos con estructuras para agregado ligeros.
- Concreto aireado.

El concreto parcialmente compactado (tipo II) con agregados ligeros puede ser considerado como del tipo estructural (tipo III), en vista de que en muchos casos se usa para soportar cargas. La diferencia esencial entre los dos tipos de concreto a base de agregado de peso ligero consiste en que mientras el concreto “estructural” (tipo III) con agregados de peso ligero, tal como se utiliza este concreto reforzado esta completamente compactado y el tipo II, esta parcialmente compactado. Es principalmente usado para muros exteriores e interiores, de carga o solamente divisorios, en casas y edificios. Los requisitos para el diseño de la mezcla son tales que deben de hacer que el concreto a los 28 días tenga una resistencia a la compresión por lo menos de 28 kg./cm<sup>2</sup>. Para satisfacer las especificaciones Británicas B.S. 111, y que, además, al quedar ubicado en el muro conserve sus grandes vacíos y no se segregue formando capas de lechada (natas) o películas de cemento. Tales capas destruirían el carácter impermeable del material al dejar ductos capilares en su estructura que proporcionan a la humedad una trayectoria para pasar a través del interior del muro. La resistencia de los concretos sin finos (tipo I) depende de los agregados que vayan a ser usados, así como también del contenido de cemento de la mezcla; igual que en el concreto ordinario, la resistencia de un concreto sin finos aumenta a medida que el contenido de cemento también aumenta. La mayor parte de los concretos sin finos se hacen con una relación cemento/agregados entre 1:6 y 1:10 en volumen, lo que depende del agregado que se utilice y de la resistencia a la compresión deseada.

**Tabla # 10 Propiedades de los diferentes tipos de concreto ligero.**

Tipo de concreto ligero	Agregado	Densidad del agregado Kg./m <sup>3</sup>	Densidad del concreto Kg./m <sup>3</sup>	Resistencia de compresión en cubos a los 28 días Kg./cm <sup>2</sup>	Conductividad térmica K. cal./m.h. °C.
Concreto aireado	-----	----	400-800	14-49	0.075-0.174
Concreto ligero parcialmente compactado	-Vermiculita y perlita expandidas.	64-240	400-1120	5-35	0.093-0.174
	-Pómez.	480-880	720-1120	14-39	0.186-0.248
	-Escoria espumoso.	480-960	960-1520	14-56	0.186-0.372
	-Cenizas sinterizadas de combustibles en polvo.	640-960	1120-1280	228-70	-----
	-Arcillas o esquistos.	560-1040	960-1200	56-84	0.285-0.396
	-Expandidos escoria de hulla.	720-1040	1040-1520	21-70	0.298-0.496
Concreto sin finos	-Agregado natural.	1360-1600	1600-1920	42-140	-----
	-Agregado ligero.	480-1040	880-1200	28-70	-----
Concreto para estructuras con agregado ligero	-Escoria espumosa.	480-960	1680-2080 *	105-422	-----
	-cenizas sinterizadas de combustible en polvo.	640-960	1360-1760 *	140-422	-----
	-Arcillas o esquistos expandidos.	569-1040	1360-1840 *	140-422	-----

\* Estos concretos más pesados se obtienen sustituyendo alguno de los finos de peso ligero por arena natural.



A diferencia del concreto común, el concreto sin finos (tipo I) es sumamente sensible al contenido de agua. Por lo tanto, no podría ser utilizada una sola proporción de contenido de agua para una mezcla dada de concreto sin finos; deberá determinarse el contenido de agua más conveniente para cada tipo de agregado haciendo cada vez mezclas tentativas. La cantidad de agua para una mezcla de concreto sin finos, en particular, se evalúa por la apariencia de la misma. Cada partícula de agregado deberá quedar cubierta por una película brillante de lechada de cemento, de manera que produzca una especie de “destellos metálicos”. En el caso de que se use una cantidad insuficiente de agua se experimenta una pérdida de cohesión entre las partículas y por lo tanto una consecuente pérdida de resistencia; por otra parte, si se utiliza demasiada agua, las películas de cemento se escurrirán de los agregados y se segregaran formando capas de lechadas, que dejan a la estructura del concreto deficiente en cemento y consecuentemente mas débil. Como punto de partida para iniciar los intentos de las mezclas se puede recomendar el uso de una mezcla de proporción 1:8 en volumen, de agregados naturales o densos, con una relación agua/cemento de aproximadamente 0.45; para el caso de agregados de peso ligero se puede considerar una mezcla mas rica de 1:6 en volumen, con una relación agua/cemento entre 0.40 y 0.60 según el grado de absorción agua de los agregados. Los agregados deberán estar mojados siempre antes de agregarle la lechada de cemento. La colocación de cemento deberá ser lo más pronto posible después de mezclarse, preferiblemente dentro de los siguientes cinco minutos.

## **II.10. Agregados y su granulometría.**

Como indica **la tabla # 9**, solamente las variedades mas duras de los agregados de peso ligero son adecuados para utilizarse en los concretos ligeros de tipo estructural, estas están cubiertas por las normas americanas C331-81. La granulometría de la mayoría de los agregados finos de peso ligero tiende a ser más bien parecidos a los agregados naturales triturados. Casi todos los agregado finos de peso ligero caen dentro de la zona de la **3/8 – 200** siempre y cuando se permita a estos agregados tener mas de un 20% de material que pase el tamiz # 100 , tal y como se hace para la arena



de piedra triturada. La envolvente de la granulometría típica de los agregados finos de peso ligero se muestra en el **grafico # 2**.

### **II.11. Trabajabilidad de la mezcla y contenido de agua.**

Puesto que el concreto con agregados ligeros para estructura (tipo III) y en algunos casos (tipo II) debe estar completamente compactado, uno de los requisitos esenciales para seleccionar las proporciones de la mezcla es el producir una mezcla trabajable que puede ser fácilmente compactada en el lugar. La granulometría esencialmente gruesa del agregado fino, así como la textura de sus partículas tienden, sin embargo a producir un concreto áspero, a menos que se hayan seleccionado previamente las proporciones adecuadas para la mezcla. Una proporción alta de agregado fino (5mm. y menor) es conveniente para mejorar la trabajabilidad de la mezcla y en la mayoría de los trabajos realizados por la “Building Research Station” la proporción total de los agregados fue de 50 % de finos y 50 % de gruesos. Sin embargo, cuando la granulometría del agregado fino es principalmente gruesa o cuando las mezclas son más pobres que las de proporción 1:6 en volumen, puede resultar ventajoso utilizar una cantidad mayor aún de finos, o bien usar un agente incluso de aire, o por ultimo, reemplazar parte de los finos del agregado de peso ligero por arena natural.

La prueba de revenimiento aparentemente no es una manera adecuada para medir la trabajabilidad de este tipo de concreto. La mayor parte de las mezclas utilizadas por la “Building Research Station” mostraron revenimientos entre 0 y 25mm. Y aun así, muchas de estas mezclas fueron aptas para compactarse con facilidad. Una prueba mejor ha resultado ser la del “factor de compactación” descrita por “Glanville” pero el rango de estos factores para el concreto con agregados de peso ligero para estructuras (tipo III), es menor que el de aquellos para el concreto común, e implica distintos grados de trabajabilidad. Un concreto con agregados de peso ligero para estructuras (tipo III), posee un factor de compactación que oscila entre 0.80 y 0.85; si estos mismos valores fuesen aplicados al concreto común se obtendrían concretos con un grado muy bajo o simplemente baja la trabajabilidad. Otra prueba para medir la



trabajabilidad del concreto y que se utiliza cada vez más es la prueba sueca. Si esta prueba se usa como guía para obtener una mezcla de concreto tipo estructural con agregados ligeros que sea trabajable, se utilizará un valor de aproximadamente 15 grados, el cual se ha encontrado adecuado.

Las mezclas a base de agregado de grava común o de piedra triturada pueden admitir un porcentaje de contenido de agua lo bastante amplio como para producir concreto con distintos grados de trabajabilidad capaces de ser completamente compactadas si se hacen en plantas mecanizadas con técnicas apropiadas. Sin embargo, dado un determinado tipo de agregado de peso ligero y con determinadas proporciones de la mezcla, el porcentaje adecuado del contenido de agua queda más restringido. Si es muy bajo, la mezcla será muy difícil de compactar con concreto. Por ser el agregado sumamente ligero, la vibración del concreto no es siempre benéfica ya que el concreto no fluye tan fácilmente como lo hace cuando contiene grava natural y las partículas gruesas pueden segregarse formando una capa en la parte superior del concreto compactado. Si, por el contrario la mezcla es demasiado húmeda, esta segregación es también susceptible de presentarse en la mezcla y después de la compactación se escurrirá el agua y se asentará en el molde.

**El grafico # 3** muestra una franja donde caen las relaciones agua/cemento adecuada para distintos proporciones de la relación agregado/cemento, cuando se utilice como agregado a la escoria espumosa, cualquier agregado en particular que ocupará una franja de ancho menor dentro de la gráfica, se puede notar que, para una relación dada agregado cemento, los valores de la relación agua/cemento son considerablemente más altos que aquellos requerido para los agregados naturales de grava y piedra triturada, debido a la gran absorción de agua de los agregados de peso ligero.

Para una mezcla de proporciones dadas (cemento y agregado en volumen) y un determinado tipo de agregado la relación agua/cemento que dé una cierta trabajabilidad deseada para la mezcla podrá ser encontrada a partir de una mezcla tentativa. La



relación agua/cemento requerida para cualquiera otra proporción de la mezcla se podrá estimar considerando una relación aproximadamente paralela a las líneas mostradas en el **grafico # 3**. La relación agua /cemento trazadas en el **grafico # 3 y 4**, son las relaciones agua total/cemento, y están basada en que los agregados estén secos. En la práctica, los agregados pueden estar mojados debiéndose entonces tomarse en cuenta el agua que contiene si en realidad los materiales se encuentran secos, deberán mojarse antes de agregar el cemento con una parte del agua requerida para la mezcla, y dejarla reposar para que la absorción del agua pueda ocurrir.

## **II.12. Resistencia a la compresión y proporciones de la mezcla.**

De las pruebas realizadas hasta la fecha se ha podido observar que la resistencia a la compresión del concreto con agregados de peso ligero para estructuras (tipo III) depende aparentemente de las proporciones de la mezcla en una forma bastante similar a como sucede en el concreto común. Así, incrementando el contenido de cemento, pero manteniendo la trabajabilidad de la mezcla obtendremos un concreto más resistente, en vista de que dicha mezcla tendrán una relación agua/cemento más baja. Las relaciones aproximadas que existen entre la resistencia a la compresión en cubos a los 28 días, y la relación agua total/cemento, se muestra en el **grafico # 4** no obstante, que el concreto ligero estructural (tipo III) se comporta de una manera semejante al concreto común, no es posible establecer una regla general para todos los casos, sino que, por el contrario, cada tipo de agregado de peso ligero deberá tratarse por separado.

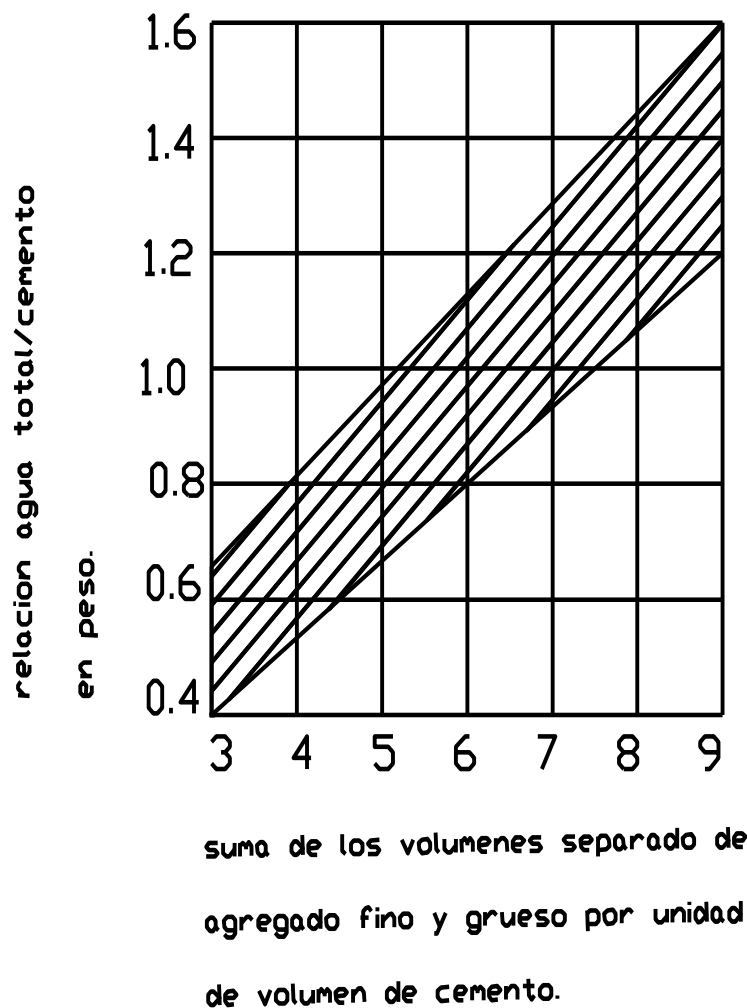
El **grafico # 4** se puede observar que las franjas trazadas para cada tipo de agregado se sobreponen unas con otras y no siguen la misma ley, las relaciones agua/cemento necesarias para menores resistencias varían en un porcentaje más amplio según el agregado usado, requerido para resistencia mayores. El **grafico # 3 y 4** pueden utilizarse como guía en el ajuste de las proporciones de las mezclas después de observar los resultados de mezclas de prueba. La relación agua/cemento que deba emplearse para lograr una resistencia determinada puede estimarse utilizando la franja apropiada en el **grafico # 4** para el tipo de agregado que se use, y la relación



agregado/cemento se obtendrá utilizando la línea que pasa a través de la relación agua/cemento y el punto de la relación agregado/cemento apropiado para la mezcla de prueba del **grafico # 3**.

### Grafica # 3

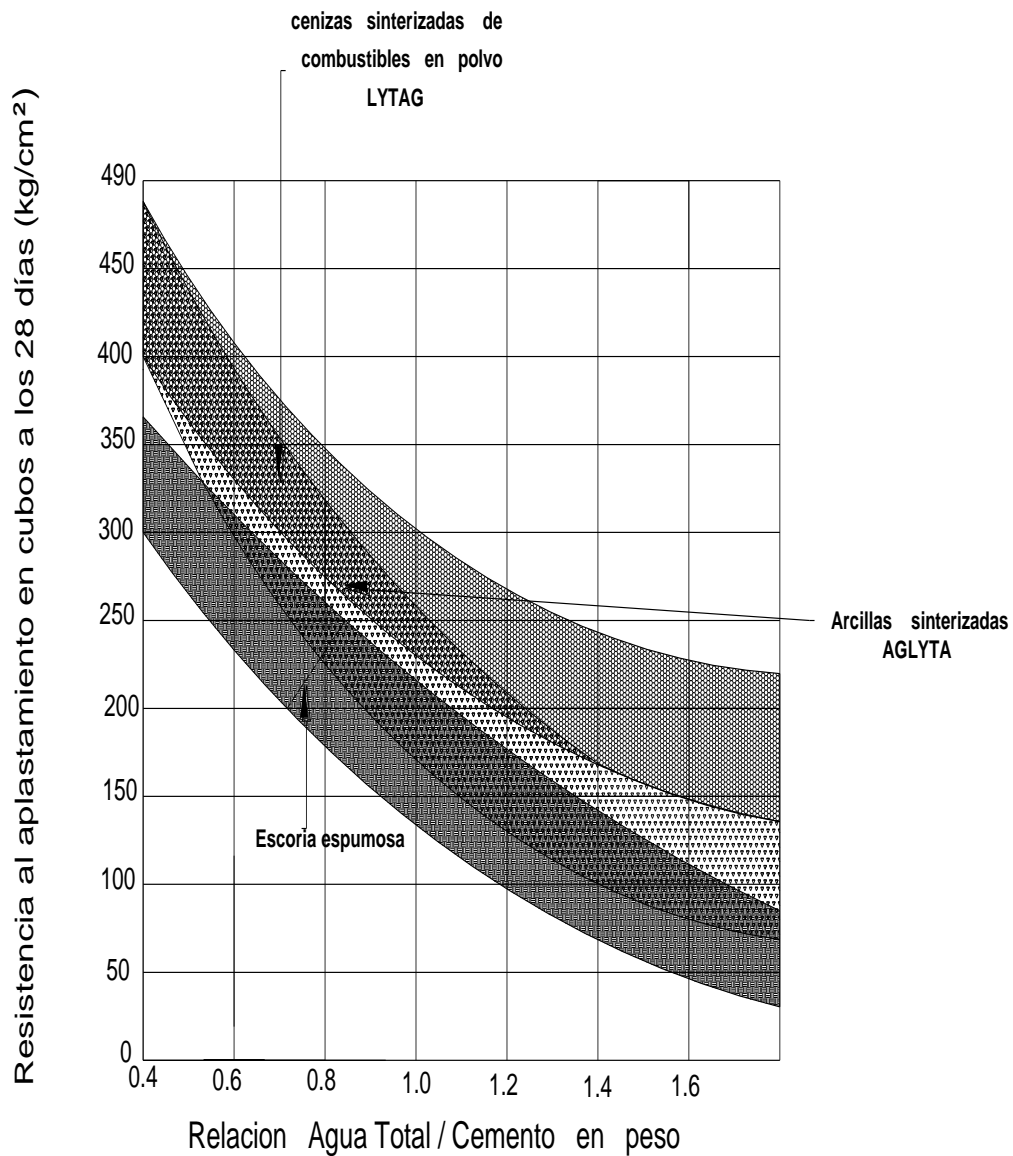
Relaciones aproximadas entre la relación agua-cemento y la relación Agregado-cemento, para mezclas de concreto para estructuras (tipo III), de Trabajabilidad similar. (La amplitud de las relaciones agua-cemento Generalmente quedan comprendidas en la zona sombreada).





**Grafica # 4**

Relaciones aproximadas entre la relación agua-total-cemento y la Resistencia al aplastamiento en cubos de concretos ligeros para estructuras hechos con distintos agregados.





## Capítulo III: Diseño metodológico.

### III.1. Generalidades.

En vista de que el estudio es de carácter analítico, ensayo y determinación de las características físico mecánicas para valorar el uso de material de pómez en la fabricación de bloques livianos. En este capítulo se planifica el trabajo desde la toma de muestra hasta la obtención de los bloques en forma descriptiva, previo a esto se establecieron las normas que se iban a considerar y el tipo de máquina a utilizarse, así, para la valoración del material se usaron las normas **A.S.T.M.** y para el comportamiento mecánico del bloque se utilizaron las especificaciones **Británicas**.

La fabricación del bloque liviano se realizó en máquina industrial (**Besser**), procediendo después a la prueba de resistencia mecánica, dimensión y absorción. También se formuló un análisis de costo económico del bloque normal en comparación con el bloque liviano.

### III.2. Toma de muestra de los bancos.

Para valorar la buena calidad de los materiales a usar en la fabricación ya sea de bloques (livianos o pesados), mortero y concreto, se hace imprescindible realizar una serie de ensayos de acuerdo a la importancia que tendrán los resultados para ser analizado por normas estandarizadas de acuerdo de cada ensayo que se le realizara.

Las propiedades de los materiales se estiman recurriendo a índice numérico establecido mediante ensayos de acuerdo a los estándares. Para determinación de estas propiedades se toma una muestra significativa mediante método del cuarteo de la ASTM C 702-80 dicho método emplea herramientas como; pala y lona. En esta última se forma un cono con el agregado a ensayar; luego se aplasta el cono uniformemente (**ver foto #6 y 7**) y se divide en cuatro partes, luego se seleccionan dos partes diagonales. Si el material es abundante se repite el procedimiento varias veces hasta obtener una cantidad aproximada en peso del material para el ensayo a realizar. Dichos ensayos para la determinación de las propiedades se describe a continuación:

### **Método del cuarteo del agregado de piedra pómez.**

**Foto # 3**



**Foto # 4**



**Este procedimiento se realiza para calcular el grado de humedad  
Del agregado de pómez.**

**Peso del material húmedo mas tara secado de la Muestra Durante 24 horas.**

**Foto # 5**



**Foto # 6**



**Peso del material seco mas tara  
Foto # 7**





### **III.3. Procedimiento de los ensayos realizados a la muestra extraída de los bancos de piedra pómez.**

#### **III.3.1. Granulometría, modulo de finura y Pesos unitarios.**

Para la obtención de estas propiedades físicas, se utilizaron instrumentos adecuados de alta precisión y confiabilidad que se encuentran en laboratorios especializados en la materia;

##### **Instrumentos:**

- Bascula con sensibilidad de 0.01lb.
- Balanza con sensibilidad de 0.1 grs.
- Cribas.
- Molde de 0.94 lts y varilla para apisonar.
- Matraz de 500 ml y probetas.
- Cuarteador.
- Horno para secado.

##### **Procedimiento empleado:**

Para la realización de esta práctica de laboratorio de procedió de la siguiente manera:

1. Se toma una muestra natural (previamente se realizo el método del cuarteo) en condición seca del banco de material en estudio, que debe estar disgregada para poder separar las partículas finas de las gruesas.
2. Se procede a determinar los pesos volumétricos secos y compactos, usando un molde con un volumen determinado y para el **P.V.S.C** se utiliza una varilla de 5/8 de pulgada para la compactación del material cada tercio de la altura.
3. Seguidamente se toma la muestra y se criba la parte gruesa, es decir desde la malla de 3" hasta la nº 200 y se obtendrá el peso retenido en gramos en cada una de ellas.



4. Se toman dos porciones del material que pasa la malla nº 4 y se satura por un periodo de 24 horas.
5. Luego de saturar la muestra debe ser lavada por la malla nº 200.
6. Posteriormente se pone la muestra lavada al horno para secar en un periodo de 24 horas a una temperatura constante de  $110^{\circ}\text{C}$ .
7. Se pesa la muestra seca lavada, se puede hacer cribando o luego que se saque del horno. Seguidamente se procede a realizar los cálculos correspondientes.

#### **Determinación de los pesos volumétrico seco y compacto**

**Foto # 8 depósito del material**



**Foto # 9 los 1ros 25 golpes**



**Foto # 10**



**Foto #11 enrazado del material en el recipiente**







**Pesos retenidos de la malla No. 3/8 a la malla No. 200. Del banco de Material Llano Grande (procedimiento no. 2).**

**Foto # 12**



**tamiz #  $\frac{3}{8}$**



**tamiz #4**



**tamiz #8**



**tamiz #16**



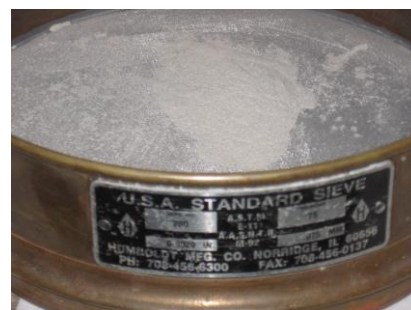
**tamiz #30**



**tamiz #50**



**tamiz #100**



**tamiz #200**



### **III.3.2. Gravedad específica y Absorción.**

Para la obtención de estas propiedades físicas, se utilizaron instrumentos adecuados de alta precisión y confiabilidad que se encuentran en laboratorios especializados en la materia;

#### **Instrumentos:**

- Bascula con sensibilidad de 0.01lb.
- Balanza con sensibilidad de 0.1 grs.
- Cribas.
- Matraz de 500 ml, probetas y compresor de aire.
- Cuarteador.
- Horno para secado.

#### **Procedimiento Empleado.**

Para la realización de esta práctica de laboratorio se procedió de la siguiente manera:

1. Tomamos una muestra representativa del material al que se le determinará la Gravedad específica, con las características descritas; es decir que pase por la malla N° 4 y retenga la malla N° 4.
2. Se pesó el frasco con capacidad de 500ml en estado seco.
3. Depositamos en el frasco agua hasta la marca indicada y lo pesamos.
4. Seguidamente con ayuda de un émbolo se dejó caer la muestra de suelo en el recipiente con agua; previa la eliminación de una porción de agua.
5. Se eliminaron los vacíos que hubiera en el recipiente mediante agitado y succión de las burbujas de aire.
6. Llenamos el recipiente hasta la marca con el material dentro y obtuvimos dicho peso.

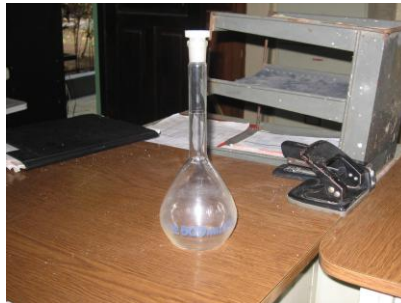


7. Se tomó una porción de la muestra para realizar el ensaye de absorción del porcentaje que pasa y retiene la malla N° 4.
8. Luego procedimos a realizar los cálculos correspondientes a la Gravedad específica.

### **Ensaye de la prueba de absorción del agregado ligero de pómez**

#### **Probeta para determinación de Gravedad específica**

**Foto # 13**



#### **Extracción del aire en el material de pómez. bomba de succión de aire**

**Foto # 14**



**Foto # 15**



**Foto # 16**







### III.4. Localización y ubicación de los bancos de piedra pómez a estudiar.

#### III.4.1. Banco de material Chiltepe.

Esta localizada en la vertiente del complejo volcánico de la península de Chiltepe al oeste de la laguna de Apoyequé 6 Km. al noreste de los Brasiles. Estudios geológicos detallados determinaron reserva probadas de 16,000 m<sup>3</sup> (Hodson G, Altamirano G, Velasco C, Minas de Nicaragua, 1988). Ver foto # 3.

#### III.4.2. Resultados de ensayos de laboratorio realizado al banco de material península de Chiltepe.

**Tabla # 11 Determinación de la composición granulométrica del banco Península de Chiltepe agregado grueso.**

tamiz	Peso retenido parcial (grs)	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa	P.V.S. (kg/m <sup>3</sup> )
1½"	-	-	-	100	Peso seco suelto: 1988 g . Peso seco compacto: 2154 g Vol. Del molde : 2850 cm <sup>3</sup>  P.V.S.S: 700 kg/m <sup>3</sup> P.V.S.C: 760 kg/m <sup>3</sup>
1"	-	-	-	100	
¾"	-	-	-	100	
½"	11.0	1	1	99	
⅜"	34.0	1	2	98	
Nº. 4	447.0.	21	23	<b>77</b>	
Pasa Nº. 4	1660.0	<b>77</b>	100		
<b>Suma</b>	2152.0	100			

**Tabla # 12 Granulometría del material que pasa tamiz N°. 4 (no lavado)**

Tamiz	Peso retenido parcial (grs.)		% retenido parcial		% retenido parcial promedio	% retenido acumulado	% Q. P.
	Prueba N°. 1	Prueba N°. 2	Prueba N°. 1	Prueba N°. 2			
<b>8</b>	57.5	55.8	34	34	34	34	43
<b>16</b>	40.0	41.3	24	24	24	58	19
<b>30</b>	21.0	22.5	13	13	13	71	6
<b>50</b>	6.90	7.3	4	4	4	75	2
<b>100</b>	2.0	2.5	1	1	1	76	1
<b>#200</b>	2.0	1.7	1	1	1	77	
<b>Pasa200</b>	1.5	1.7	77	77	77		
<b>suma</b>	129.3	131.1					

**Peso lavado del % que pasa la N° 4**

Prueba N° 1			Prueba N°. 2		
<b>Peso seco</b>	<b>(1)</b>	129.3	<b>Peso seco</b>	<b>(1)</b>	131.5
<b>Peso seco – lavado</b>	<b>(2)</b>	127.8	<b>Peso seco – lavado</b>	<b>(2)</b>	129.8
<b>Pasa200:</b>	<b>(1)-(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>Pasa200:</b>	<b>(1)-(2)</b>	<b>(3)</b>
		1.5			1.7

**MF: 4.3**

**Tabla # 13 Densidad del agregado grueso (% que retiene el tamiz N°. 4)**

Frasco N°	#1 (gr)	#2 (gr)
Peso del frasco lleno de agua (P)	1444.0	1444.0
Peso mat. Sat. y sup. Seco (As)	500.0	500.0
Total P-As	1944.0	1944.0
Peso del frasco con agua y arena (W)	1600.9	1603.4
Volumen desalojado (P – As) – (W)	343.1	340.6
Peso de material seco (Ps)	385.0	382.9
Densidad ref. al peso seco $Ps/(P-As)-(W)$	1.122	1.124
Densidad promedio	1.123	

**Tabla # 14 Densidad del agregado fino (% que pasa el tamiz N°. 4)**

Frasco N°	#1 (gr)	#2 (gr)
Peso del frasco lleno de agu (P)	1444.0	1444.0
Peso mat. Sat. y sup. Seco (As)	500.0	500.0
Total P-As	1944.0	1944.0
Peso del frasco con agua y arena (W)	1645.0	1643.0
Volumen desalojado (P – As) – (W)	299.0	301.0
Peso de material seco (Ps)	450.0	448.2
Densidad ref. al peso seco $Ps/(P-As)-(W)$	1.505	1.489
Densidad promedio	1.497	

**Tabla # 15 Absorción referida al peso seco (% que retiene el tamiz N°. 4)**

<b>Frasco N°</b>	<b>#1</b>	<b>#2</b>
<b>Peso mat. Sat. y sup. Seco (1)</b>	500.0	500.0
<b>Peso mat. Seco (2)</b>	385.0	382.9
<b>Contenido de agua 1 - 2 (3)</b>	115.0	117.1
<b>Absorción (3) / (2)*100</b>	29.87	30.58
<b>Absorción promedio</b>	30.22	

**Tabla # 16 Absorción referida al peso seco (% que pasa el tamiz N°. 4)**

<b>Frasco N°</b>	<b>#1 (gr)</b>	<b>#2 (gr)</b>
<b>Peso mat. Sat. y sup. Seco (1)</b>	500.0	500.0
<b>Peso mat. Seco (2)</b>	450.0	448.2
<b>Contenido de agua 1 - 2 (3)</b>	50.0	51.8
<b>Absorción (3) / (2)*100</b>	1.11	11.56
<b>Absorción promedio</b>	11.33	

**Foto # 17**  
**Banco de Material Chiltepe**





### III.5. Banco de material La Gruta.

Esta localizado sobre la carretera panamericana entre Granada y Masaya en la comarca La Reforma a 3,5 Km. Al S-E de la ciudad de Masaya trabajos geológicos de detalle ubicaron reserva por el orden de 50,000 m<sup>3</sup> (Hodson G, Altamirano G, Velasco C, Minas de Nicaragua, 1988). El material fue utilizado por el ministerio de la vivienda para la fabricación de elemento de concreto aligerado. Ver foto # 4.

#### III.5.1. Resultados de ensayos de laboratorio realizado al banco de material La Gruta.

**Tabla # 17 Determinación de la composición granulométrica del banco "La Gruta"**

tamiz	Peso retenido parcial (grs)	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa	P.V.S.S. (kg/m <sup>3</sup> )
1½"	-	-	-	100	Peso seco suelto: 1900 g Peso seco compacto: 2195 g Vol. Del molde : 2850 cm <sup>3</sup>  <b>P.V.S.S: 670 kg/m<sup>3</sup></b> <b>P.V.S.C: 770 kg/m<sup>3</sup></b>
1"	-	-	-	100	
¾"	112.0	5	5	95	
½"	332.0	15	20	80	
⅜"	150.0	7	27	73	
Nº. 4	416.0	19	46	<b>54</b>	
Pasa Nº. 4	1177.0	<b>54</b>	100		
Suma	2187.0	100			

**Tabla # 18 Granulometría del material que pasa tamiz N°. 4 (no lavado)**

Tamiz	Peso retenido parcial (grs)		% retenido parcial		% retenido parcial promedio	% retenido acumulado	% Q. P.
	Prueba N°. 1	Prueba N°. 2	Prueba N°. 1	Prueba N°. 2			
<b>8</b>	20.0	23.2	10	11	11	11	43
<b>16</b>	13.8	12.5	7	6	7	18	36
<b>30</b>	26.8	24.8	13	12	13	31	23
<b>50</b>	16.2	18.9	8	9	8	39	15
<b>100</b>	8.3	6.3	4	3	3	42	12
<b>#200</b>	1.1	0.9	1	1	1	43	11
<b>Pasa200</b>	20.3	23.6	11	12	11	54	
<b>suma</b>	106.5	110.2	54	54	54		

**Peso lavado del % que pasa la N°. 4**

Prueba N°. 1			Prueba N°. 2		
<b>Peso seco</b>	<b>(1)</b>	107.3	<b>Peso seco</b>	<b>(1)</b>	110.5
<b>Peso seco – lavado</b>	<b>(2)</b>	87	<b>Peso seco – lavado</b>	<b>(2)</b>	86.9
<b>Pasa200:</b>	<b>(1)-(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>Pasa200:</b>	<b>(1)-(2)</b>	<b>(3)</b>
		20.3			23.6

**MF: 3.1**

**Tabla # 19 Ensayo de densidad de "La Gruta " referida al peso seco.****Densidad del agregado grueso (% que retiene el tamiz N°. 4)**

<b>Frasco N°</b>	<b>#1 (gr)</b>	<b>#2 (gr)</b>
<b>Peso del frasco lleno de agua (P)</b>	1442.0	1442.2
<b>Peso mat. Sat. y sup. Seco (As)</b>	100.0	100.0
<b>Total P-As</b>	154.2	1542.2
<b>Peso del frasco con agua y arena (W)</b>	1469.0	1471.4
<b>Volumen desalojado (P - As) – (W)</b>	73.2	70.8
<b>Peso de material seco (Ps)</b>	63.0	65.1
<b>Densidad ref. al peso seco Ps / (P-As)-(W)</b>	0.8	0.9
<b>Densidad promedio</b>	0.85	

**Tabla # 20 Ensayo de densidad de "La Gruta" referida al peso seco.****Densidad del agregado fino (% que pasa el tamiz N°. 4)**

<b>Frasco N°</b>	<b>#1 (gr)</b>	<b>#2 (gr)</b>
<b>Peso del frasco lleno de agua (P)</b>	1444.0	1444.0
<b>Peso mat. Sat. y sup. Seco (As)</b>	500.0	500.0
<b>Total P-As</b>	1944	1944
<b>Peso del frasco con agua y arena (W)</b>	1695	1693.9
<b>Volumen desalojado (P - As) – (W)</b>	249	250.1
<b>Peso de material seco (Ps)</b>	448	450
<b>Densidad ref. al peso seco Ps/(P-As)-(W)</b>	1.791	1.799
<b>Densidad promedio</b>	1.795	



**Tabla # 21 Absorción referida al peso seco (% que retiene el tamiz N°. 4)**

<b>Frasco N°</b>	<b>#1 (gr)</b>	<b>#2 (gr)</b>
<b>Peso mat. Sat. y sup. Seco (1)</b>	100.0	100.0
<b>Peso mat. Seco (2)</b>	63.0	65.1
<b>Contenido de agua 1 - 2 (3)</b>	37	34.9
<b>Absorción (3) / (2)*100</b>	60.0	50.0
<b>Absorción promedio</b>	55.0	

**Tabla # 22 Absorción referida al peso seco (% que pasa el tamiz N°. 4)**

<b>Frasco N°</b>	<b>#1</b>	<b>#2</b>
<b>Peso mat. Sat. y sup. Seco (1)</b>	500.0	500.0
<b>Peso mat. Seco (2)</b>	446.0	450.0
<b>Contenido de agua 1 - 2 (3)</b>	54.0	50.0
<b>Absorción (3) / (2)*100</b>	12.11	11.11
<b>Absorción promedio</b>	11.61	

**Foto # 18: Banco de Material de La Gruta**





### III.6. Banco de material Llano Grande.

Esta localizado a 0,5 Km. al oeste del cementerio de las Flores, a N 1325.5 - E 603-6 en el departamento de Masaya. Los de exploraciones geológicas detalladas permitieron calcular reserva probadas de 117,337 m<sup>3</sup> con posibilidades de incremento al sur y este del yacimiento (Hodson G, Altamirano G, Velasco C, Minas de Nicaragua, 1988). Ver foto # 5.

#### III.6.1. Resultados de ensayos de laboratorio realizado al banco de material "Llano Grande las Flores".

**Tabla # 23 Determinación de la composición granulométrica del banco "Llano grande las Flores "**

tamiz	Peso retenido parcial (gms)	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa	P.V.S. (kg/m <sup>3</sup> )
1½"	-	-	-	100	Peso seco suelto: 1145 g Peso seco compacto: 255 g Vol. del molde: 1930 cm <sup>3</sup>  P.V.S.S: 590 kg/m <sup>3</sup> P.V.S.C: 650 kg/m <sup>3</sup>
1"	25	2	2	98	
¾"	17	1	3	97	
½"	55	5	8	92	
⅜"	100	8	16	84	
Nº. 4	140	11	27	73	
Pasa Nº. 4	910	73	100		
Suma	1247	100			

**Tabla # 24 Granulometría del material que pasa tamiz N°. 4 (no lavado)**

Tamiz	Peso retenido parcial (gms)		% retenido parcial		% retenido parcial promedio	% retenido acumulado	% Q. P.
	Prueba N°. 1	Prueba N°. 2	Prueba N°. 1	Prueba N°. 2			
<b>8</b>	25.5	23.2	15	15	15	15	58
<b>16</b>	23	22.5	14	14	14	29	44
<b>30</b>	34.3	34.3	21	22	22	51	22
<b>50</b>	20.2	17.5	12	11	11	62	11
<b>100</b>	4.2	3.6	3	2	2	64	9
<b>#200</b>	1.2	1.0	1	1	1	65	8
<b>Pasa200</b>	12.1	14	7	8	8	73	
<b>suma</b>	120.0	116.1	73	73	73		

**Peso lavado del % que pasa la N°. 4**

Prueba N°. 1			Prueba N°. 2		
<b>Peso seco</b>	<b>(1)</b>	121.2	<b>Peso seco</b>	<b>(1)</b>	117.5
<b>Peso seco – lavado</b>	<b>(2)</b>	109.1	<b>Peso seco – lavado</b>	<b>(2)</b>	103.5
<b>Pasa 200:</b>	<b>(1)-(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>Pasa200:</b>	<b>(1)-(2)</b>	<b>(3)</b>
		12.1			14

MF: 3.31



**Tabla # 25 Ensaye de densidad de "Llano grande las Flores "**  
**Referida al peso seco.**

**Densidad del agregado grueso (% que retiene el tamiz N°. 4)**

<b>Frasco N°</b>	<b>#1 (gr)</b>	<b>#2 (gr)</b>
<b>Peso del frasco lleno de agua (P)</b>	1441	1441
<b>Peso mat. Sat. y sup. Seco (As)</b>	300	300
<b>Total P-As</b>	1741	1741
<b>Peso del frasco con agua y arena (W)</b>	1529.6	1531.2
<b>Volumen desalojado (P - As) – (W)</b>	211.4	209.8
<b>Peso de material seco (Ps)</b>	166.8	166.8
<b>Densidad ref. al peso seco Ps/(P-As)-(W)</b>	0.789	0.795
<b>Densidad promedio (%)</b>	0.792	

**Tabla # 26 Ensaye de densidad de "Llano grande las Flores "**  
**Referida al peso seco.**

**Densidad del agregado fino (% que pasa el tamiz N°. 4)**

<b>Frasco N°</b>	<b>#1 (gr)</b>	<b>#2 (gr)</b>
<b>Peso del frasco lleno de agua (P)</b>	1441.0	1441.0
<b>Peso mat. Sat. y sup. Seco (As)</b>	500.0	500.0
<b>Total P-As</b>	1941.0	1941.0
<b>Peso del frasco con agua y arena (W)</b>	1654.4	1651.2
<b>Volumen desalojado (P - As) – (W)</b>	286.6	289.8
<b>Peso de material seco (Ps)</b>	384.4	382.5
<b>Densidad ref. al peso seco Ps/(P-As)-(W)</b>	1.341	1.320
<b>Densidad promedio</b>	1.330	

**Tabla # 27 Absorción referida al peso seco (% que retiene el tamiz N°. 4)**

<b>Frasco N°</b>	<b>#1 (gr)</b>	<b>#2 (gr)</b>
<b>Peso mat. Sat. y sup. Se</b> (1)	300	300
<b>Peso mat. Seco</b> (2)	166.8	166.8
<b>Contenido de agua</b> 1 - 2 (3)	133.2	133.2
<b>Absorción</b> (3) / (2)*100 (%)	79.9	79.9
<b>Absorción promedio</b> (%)	79.9	

**Tabla # 28 Absorción referida al peso seco (% que pasa el tamiz N°. 4)**

<b>Frasco N°</b>	<b>#1 (gr)</b>	<b>#2 (gr)</b>
<b>Peso mat. Sat. y sup. Seco</b> (1)	500.0	500.0
<b>Peso mat. Seco</b> (2)	384.4	382.5
<b>Contenido de agua</b> 1 - 2 (3)	115.6	117.5
<b>Absorción</b> (3) / (2)*100	30.07	30.72
<b>Absorción promedio</b>	30.39	

**Foto # 19: Banco de material Llano Grande las flores Masaya.**







### III.7. Otros bancos de pómez existentes en Nicaragua en la región del pacífico.

Aparte de los bancos ya estudiados a continuación les brindamos otros tipos de bancos de pómez, de los cuales no se le practico ensayos de laboratorio, pero si se mencionan su localización y ubicación. Teniendo un gran potencial para la explotación de pómez para la fabricación de bloques liviano.

- Pómez las Marías I y II.
- Flujo de pómez
- Flujo de pómez asociada con ceniza y sedimento lacustre
- Pómez proveniente de la caldera Xiloa-Apoyeque
- Pómez de Apoyo
- Pómez del complejo volcánico de Cosiguina.
- Pómez a lo largo del complejo de Managua.
- Pómez de la caldera monte Galán, Complejo Mombacho

#### III.7.1. Localizaron y ubicación.

**Pómez las Marías I y II:** deposito ubicado en el poblado las Marías a 3.5 Km. al noreste del cerro la pelona, a 1.5 del caserío sn Lucas. La vía de acceso es un camino balastreado que conduce a la mina el Limón, posteriormente se toma el desvío que conduce a villa 19 de Julio. El resultado de los ensayos realizados han mostrado un alto valor de intercambio cationoco lo que posibilita la existencia de zeolitas en el material.

**Flujo de pómez:** Aflora en el área oeste de Managua (norte de villa el Carmen , este de la hoja La Soledad, área de Nagarote, La Paz Centro y Malpaisillo) se trata de flujo de pómez de color blanquecino, gris oscuro y rosado, café liviano daciticol aereolitica, flujo fragmentado, lapillo a tamaño arena-limo. Pómez aglomeratico con bomba de escoria negra, a veces con fragmento de basalto hasta de 8 cm en diámetro, hay intercalado toba, suelo fósil y ceniza, los banco de pómez hasta 15 m de espesor, los banco de pómez cubriendo la formación el salto tiene como 5m de espesor (Área de





la California, Área de la unión, etc.). Gran parte del flujo de pómez se extrae como cantera, ya que generalmente se presenta bien compactada, especialmente cuando forma un grifo homogéneo (en tamaño de fragmento). En Malpaisillo el depósito circunda una llanura de 10 Km. en diámetro con intercalación de paleo-suelo (suelo fósil) es de composición vidrio espumoso con pequeños cristales aislados de plagioclasas, magnetita y piroxeno, tiene un contenido de sílice dentro del 72 y 64 % (muestra oscura), potasio es alto 4% constituyendo el contenido más alto de las rocas volcánicas modernas de Nicaragua (BICE 1980).

**Flujo de pómez asociada con ceniza y sedimento lacustre:** Entre Mateares y Nagarote Km. 27 carretera Nueva a León, pómez con intercalación de Tobas, arena y limo (se extrae como cantera N 1352.89- E 560.017), en la trinidad N1341.3- E566.4 conglomerados pomáceos con fragmento de basalto. Pómez del escarpe de Mateares carretera vieja a León Km. 27 y Km. 31 empalme villa el Carmen Km. 31-36. Área entre la carretera vieja a León Km. 237-40 atravesando los cerros del este de Nagarote, etc. Puente Azcualapa (carretera empalme Km. 31 villa el Carmen), Cerro el Pilon (San Martín y el Arroyo, el Cacao N1325-E559), oeste de la Hoja Topo-Managua, Km. 39 Río Santa Clara (carretera vieja a León).

**Pómez proveniente de la caldera Xilola-Apoyeque:** Se encuentra aflorando desde el área de Managua pasando por la huella de Acahualinca hasta la caldera de Apoyeque, los fragmentos de pómez tienen el tamaño de la Pili y están asociados con ceniza. La pómez es del tipo riolítico, esta compuesta de vidrio espumosa con fenocristales de plagioclasa dispersos, augita y magnetita. El contenido en sílice es de entre el 69 y 71%. El espesor del depósito de pómez es de 250 m en las inmediaciones de Xilola hasta de 10 cm. en la vecindad de Managua se calcula un volumen de 0,6 Km<sup>3</sup> (BICE 1980). Ver Anexo 5 y 6.



Aflora en toda el área de Managua donde esta cubierta por toba y talpetate en los escarpe de Miraflores alo largo del alineamiento de Miraflores-Nejapa. Aflora en Mateares y sobre la carretera Mateare-León (N1356-E577), en este sitio se distinguió tres miembros de pómez, para los deposito de Apoyeque separado por toba fina primer miembro comprende fragmento de pómez de 5 a 20 cm. en diámetro y con 2 m de espesor y presenta estratificación en su parte inferior es de color crema \*, fragmento de basalto hasta de 4 cm. en diámetro y el miembro medio presenta fragmento de pómez de 1 a 2 cm. en diámetro homogéneo , gris blanco-rosado hornblendico con fragmento de basaltote basalto hasta de 3 cm. en diámetro, con 3 m de espesor y el miembro del inferior presenta fragmento de pómez entre 5 a 20 Mm., predominan los fragmento mayores. El color es crema con vidrio fibroso, hay fragmento de basalto, su espesor es mayor de 1,5m.

**Pómez de Apoyo:** Este pómez aflora en Managua (villa fontana Sur del valle Ticomio donde generalmente esta cubierta por toba y talpetate), cerca de Masatepe, en cráter de Nejapa, en Granada en las afueras de Masaya, Tisma, entre el área comprendida entre Jinotepe, Masatepe, Catarina y Nandaime donde se presenta cubierta por una delgada faja de ceniza y se caracteriza por presentar un solo horizonte con tres unidades de pómez hasta de un metro por unidad, separado por suelo fósil: La unidad inferior se identifica por presentar una textura uniforme en todo su espesor, es blanco ligeramente rosado de tamaño arena, limo. La base de la unidad superior presenta granulometría fina arenosa en transición hacia arriba a tamaño grava mezclado con tamaño fino, petrograficamente se trata de vidrio ligeramente espumoso con cristalitos de plagiadosas, hiperstena, augita y magnetitas diferencia de otros pómez por su estratigrafía y su apariencia (no tiene contiene clastos de basalto como en otras pómez), se ha definido un espesor de 30 mts. (en la caldera de apoyo) tiene un volumen calculado de  $4.3 \text{ km}^3$  el cual hace del deposito el mas grande de Nicaragua.



### Otros depósitos de pómez sin mayor información

1. **Pómez del complejo volcánico de Cosiguina:** esta localizada en la falda sur del volcán en el chorro. Ver anexo.8.
2. **Pómez a lo largo del complejo de Managua:** San Fernando, Ticomo, Xilola (cerro frayer crater Javier, San Fernando).
3. **Pómez de la caldera monte Galan, Complejo Bombacho.**

**Tabla # 29 Potencial de explotación comercial de los bancos de materiales en Nicaragua**

<b>Banco</b>	<b>Volumen Aproximado de Explotación (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Pómez la caldera Xilola-Apoyeque</b>	600,000,000
<b>Banco Chiltepe</b>	16,000
<b>Banco La Gruta</b>	50,000
<b>Banco Llano Grande</b>	117,337
<b>Pómez de Apoyo</b>	4,300,000,000
<b>Pómez Mateares</b>	30,000
<b>Banco Piedra Pómez (El Charco)</b>	912,000

Los aspectos que se relacionan al estudio de bancos como: técnicas, procedimiento, ubicación de la fuente etc. Esta contenido en Anexo 4.



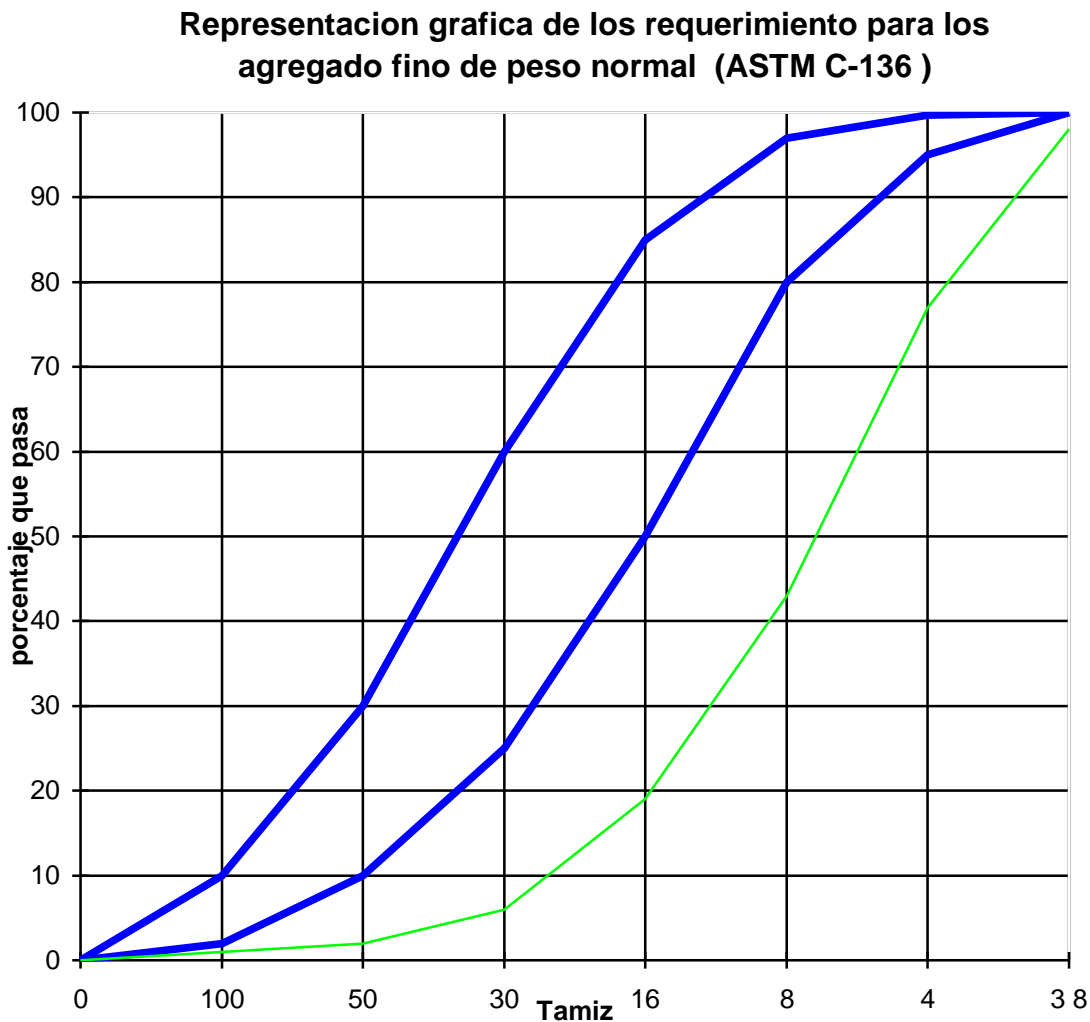
### III.8. Análisis e interpretación de los resultados de los bancos de materiales.

#### III.8.1. Banco de material Chiltepe.

##### Análisis granulométrico.

El análisis granulométrico realizado a la muestra del banco de pómez de Chiltepe no cumple con las normas ASTM C-136 para requerimiento de arena de peso normal, mas adelante se hará el análisis de granulometría de agrado ligero.

Grafico # 5



El módulo de finura de este material es de 4.3. Con la representación grafica del análisis granulométrico se observa que su módulo de finura no esta dentro del rango



establecido por las normas (2.30 a 3.10). Siendo este mayor que 2.30 y se considera muy gruesa, lo cual, nos brinda mezcla de baja compacidad, lo que quiere decir un porcentaje mayor de vacío, esto concuerda con el material analizado.

### **Peso unitario o peso volumétrico.**

Los valores de los pesos encontrados en el análisis de la muestra de la península de Chiltepe, entran dentro los parámetros de materiales ligeros. Ya que para los materiales de peso normal oscilan entre 1,350 o 1,420 Kg/m<sup>3</sup> los obtenidos del análisis realizado son:

$$\text{P.V.S.S.} = 700 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{P.V.S.C.} = 760 \text{ Kg/m}^3$$

### **Gravedad específica y absorción.**

Los resultados de la gravedad específica del material que retiene la malla N° 4 oscilan entre 1.122 y 1.124 siendo el promedio de esta de 1.123. Mientras que la gravedad específica de lo que pasa la malla N° 4 oscila entre 1.505 y 1.489 siendo el promedio de 1.497.

El valor de la absorción para el material que retiene la malla N° 4 oscila entre 29.87 y 30.58% siendo el promedio de 30.22%. Mientras que los valores del material que pasa la malla N° 4 oscila dentro de 11.11 y 11.56% siendo el promedio de 11.33%. Estos valores son valores relativamente altos, lo cual es natural en este tipo de agregado por su bajo peso volumétrico.

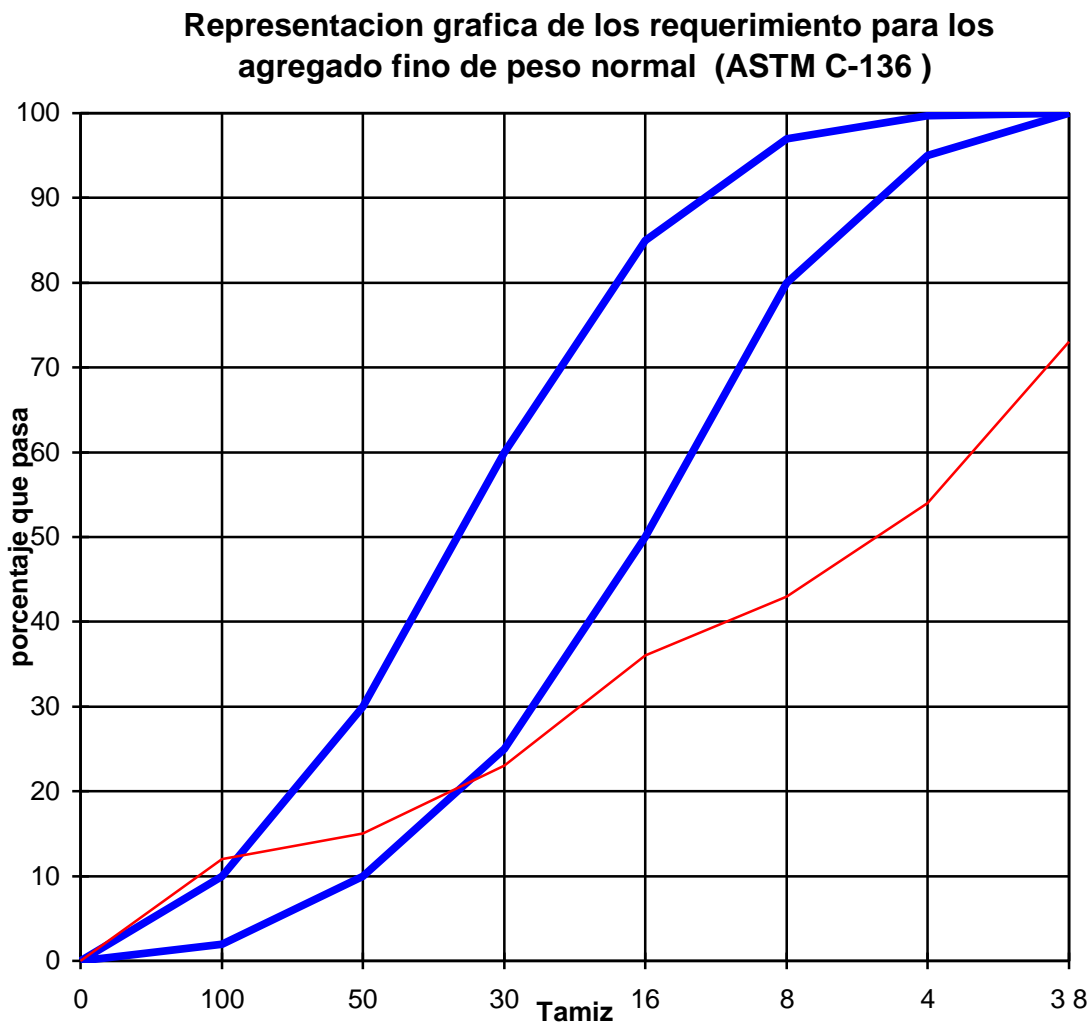


### III.8.2. Banco de material La Gruta.

#### Análisis granulométrico.

El análisis granulométrico realizado a la muestra del banco de pómez de La Gruta no cumple con las normas ASTM C-136 para requerimiento de arena de peso normal, mas adelante se hará el análisis de granulometría de agregado ligero.

**Grafico # 6**



El módulo de finura de este material es de 3.1. Con la representación grafica del análisis granulométrico se observa que su módulo de finura se ajusta al limite superior establecido por las normas (2.30 a 3.10). Sin embargo su modulo de finura cabe dentro



de las especificaciones, este se puede interpretar que parcialmente este material dentro de la malla N° 100 se sitúa por encima de los requerimientos, luego atraviesa dentro de los límites en dos malla y por último, pasa por debajo de los requerimiento, siendo la gran mayoría mallas mayores.

### **Peso unitario o peso volumétrico.**

Los valores de los pesos encontrados en el análisis de la muestra de La Gruta, entran dentro los parámetros de materiales ligeros. Ya que para los materiales de peso normal los pesos son oscilan entre 1,350 o 1,420 Kg/m<sup>3</sup> los obtenidos del análisis realizado son:

$$\text{P.V.S.S.} = 670 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{P.V.S.C.} = 770 \text{ Kg/m}^3$$

### **Gravedad específica y absorción.**

Los resultados de la gravedad específica del material que retiene la malla N° 4 oscilan entre 0.8 y 0.9 siendo el promedio de esta de 0.85. Mientras que la gravedad específica de lo que pasa la malla N° 4 oscila entre 1.795 y 1.799 siendo el promedio de 1.791

El valor de la absorción para el material que retiene la malla N° 4 oscila entre 60.0 y 50.0% siendo el promedio de 55.0%. Mientras que los valores del material que pasa la malla N° 4 oscila dentro de 12.11 y 11.11 siendo el promedio de 11.61. Estos valores son valores relativamente altos, lo cual es natural en este tipo de agregado por su bajo peso volumétrico.

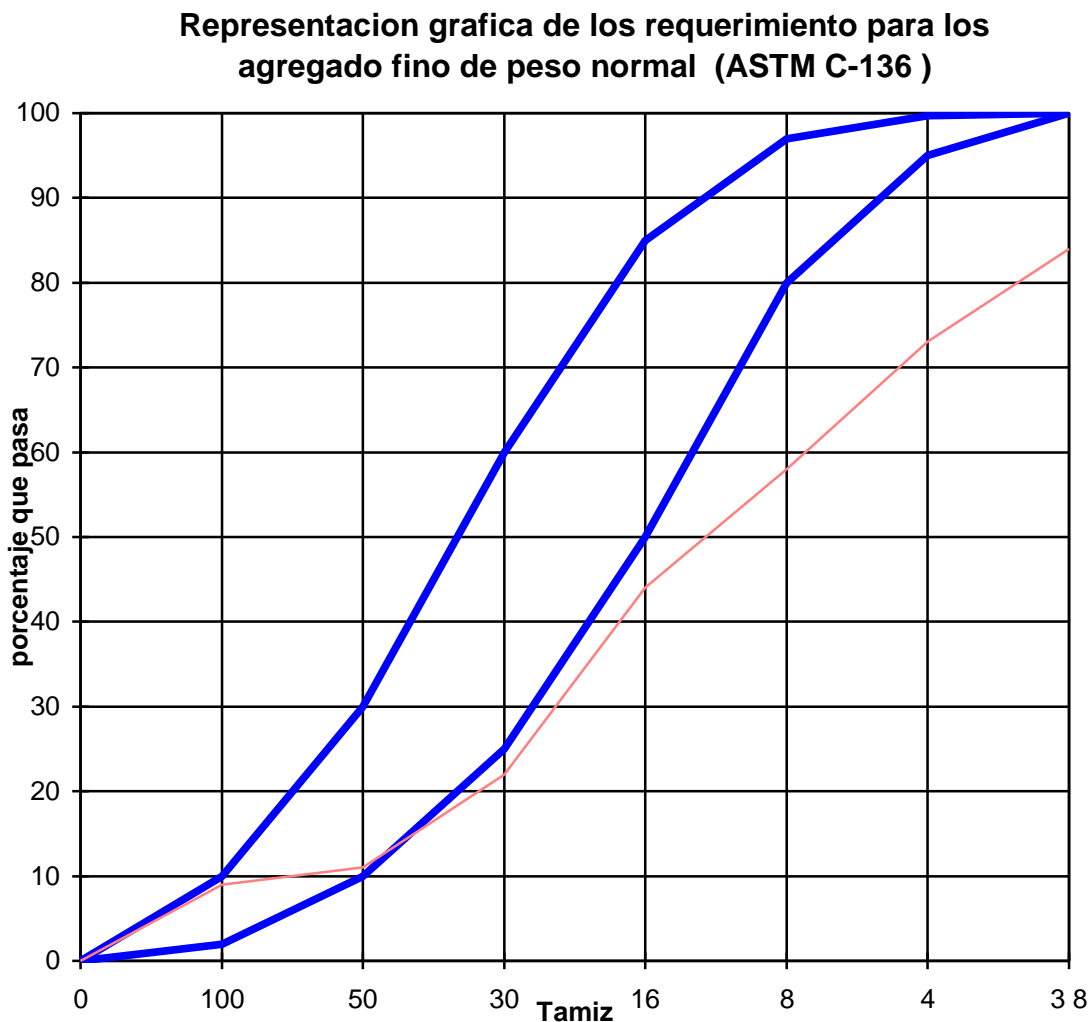


### III.8.3. Banco de material Llano Grande las Flores.

#### Análisis granulométrico.

El análisis granulométrico realizado a la muestra del banco de pómez de Llano Grande las Flores no cumple con las normas ASTM C-136 para requerimiento de arena de peso normal, mas adelante se hará el análisis de granulometría del agregado ligero.

#### Grafico # 7







El módulo de finura de este material es de 3.31. Con la representación grafica del análisis granulométrico se observa que su módulo de finura no esta dentro del rango establecido por las normas (2.30 a 3.10). El modulo de finura no cumple con requerimientos y se observa que este material en cierta mallas entra en los rango y luego se mueve paralelamente, alejándose en las malla superiores. Dando una mezcla de baja compacidad, que tendrá un porcentaje mayor de vacíos.

### **Peso unitario o peso volumétrico.**

Los valores de los pesos encontrados en el análisis de la muestra de Llano grande Las flores, entran dentro los parámetros de materiales ligeros. Ya que para los materiales de peso normal los pesos son oscilan entre 1,350 o 1,420 Kg/m<sup>3</sup> los obtenidos del análisis realizado son:

$$\text{P.V.S.S.} = 593 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{P.V.S.C.} = 650 \text{ Kg/m}^3$$

### **Gravedad específica y absorción.**

Los resultados de la gravedad específica del material que retiene la malla N<sup>o</sup> 4 oscilan entre 0.789 y 0.795 siendo el promedio de esta de 0.792. Mientras que la gravedad específica de lo que pasa la malla N<sup>o</sup> 4 oscilan entre 1.341 y 1.320 siendo el promedio de 1.330.

El valor de la absorción para el material que retiene la malla N<sup>o</sup> 4 oscila entre 7.99 y 7.99% siendo el promedio de 7.99%. Mientras que los valores del material que pasa la malla N<sup>o</sup> 4 oscila dentro de 30.07 y 30.72% siendo el promedio de 30.39. Estos valores son valores relativamente altos, lo cual es natural en este tipo de agregado por su bajo peso volumétrico.



#### III.8.4 Selección del banco de material para la fabricación de los bloques de peso liviano.

Anteriormente se analizó los bancos de materiales de pómez con los requerimientos que se solicitan para materiales normales. Sin embargo existe un parámetro de agregados de peso ligero para elementos de mampostería de la **A.S.T.M. C 331-81** de la tabla # 2, lo cual analizaremos los materiales de pómez para ver cual de ellos cumplen con esta norma.

**Banco Chiltepe:** se realizó el análisis granulométrico con el requerimiento antes mencionado del cual solamente cumple con 5 tamices y los dos tamices restantes salen del rango establecido.

**Banco La Gruta:** es el que menos cumple con la norma **A.S.T.M. C 331-81** a los otros dos bancos de materiales (banco Chiltepe y Llano Grande). En un futuro si llegase a utilizar este banco con fines de fabricación de bloques se recomienda un mejor mejoramiento en su granulometría con la separación de tamaños de las partículas y analizarlo por separado, mezclándolos en diferentes porcentajes hasta que cumplan con las especificaciones granulométricas establecidos por la norma antes mencionada.

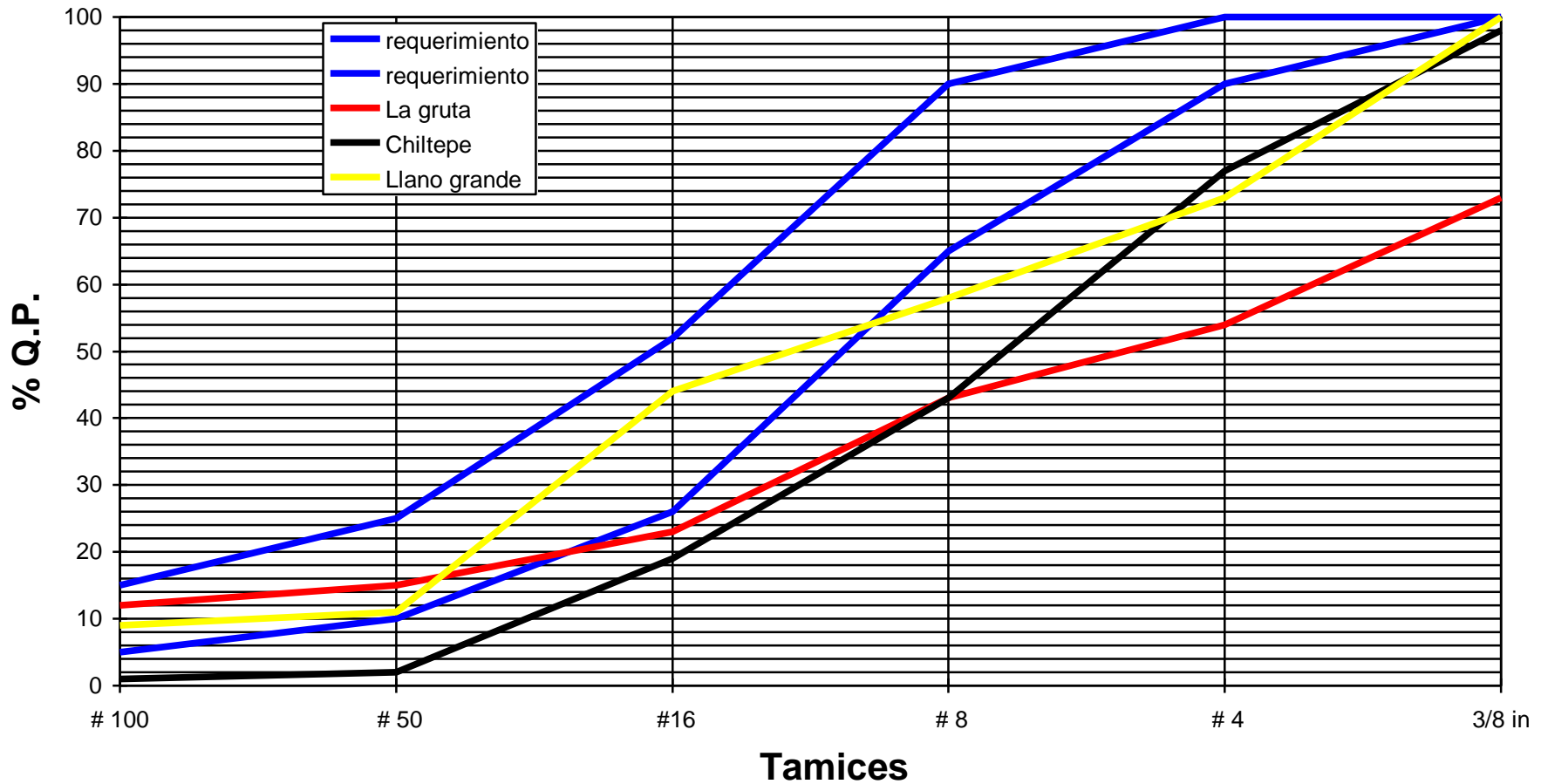
**Banco Llano Grande:** este material cumple en casi su totalidad del requerimiento granulométrico de los tamices de agregado de peso ligero para unidades de mampostería según la norma.

Acontinuación se representara los valores de los banco de material con los requerimiento de **A.S.T.M. C 331-81** con la **designación de tamaño de agregado de combinación (grueso y fino) de 3/8" a 0. en la grafica # 8.** De esta representación grafica en términos generales se observa que ninguna de los bancos cumple a cabalidad los requerimientos. La mas próxima a los requerimientos es la de **Llano grande "Las flores"** por lo cual se escogerá este banco de material.



**Grafico # 8**

**Requerimiento de la granulometria para los agregado de peso ligero para mamposteria de 3/8"**  
**ASTM C 331-81**





## **Capítulo IV: Diseño y manufactura de bloques con agregado ligero, definiciones y ensayos de laboratorio.**

### **IV.1. Elaboración de cilindros de mezclas de concreto ligero a base de agregado de piedra pómez.**

Esta elaboración de especímenes de concreto ligero tiene el objetivo de tener una idea de cómo es el comportamiento de la fatiga a la compresión de una mezcla de concreto ligero a un determinado tiempo como lo es a los 28 días de edad con diferentes tipos de proporciones y relación agua-cemento (A/C) , teniendo en cuenta mucho cuidado a la hora de la dosificación del conglomerado en total para que este de resultados confiables a la hora de fabricar en si el producto final como es el bloque liviano con agregado de pómez.

Se fabricaron 27 cilindros de concreto ligero con dimensiones 4 pulgadas de diámetro y con una altura de dos veces el diámetro ( $h = 8$  pulgadas) correspondiente a la norma A.S.T.M. C 39-84.

De estos ensayos realizados nos daríamos una idea de cuanto es el valor de la resistencia a la compresión obtenida de estos diseños de mezclas de concreto con agregado de pómez. Cuando los especímenes de concreto ligero han sido ensayados a la prueba de fatiga, se selecciona el resultado más alto con el cual se trabajara para la fabricación de la mezcla obteniendo así la proporción (en volumen) y relación agua-cemento más adecuada para el diseño de la mezcla para el bloque liviano de pómez.

Para una mejor explicación de lo anterior se presentan los resultados mecánicos realizados a mezclas de diferentes proporciones ver Anexos 2.



#### **IV.2. Diseño de proporciones de la mezcla para la fabricación del bloque liviano con agregado ligero (piedra pómez).**

Para la realización del diseño de la mezcla de bloques su fabricación fue en la empresa **Concretera Total S.A.** en dicha empresa se realizó ensayos de granulometría al banco ya seleccionado (banco Llano Grande). Esta empresa cuenta con un laboratorio donde se realizaron los ensayos de compresión y dimensiones del bloque liviano.

La muestra del agregado fue tomada, libre de sobre-tamaño ( $1 \text{ m}^3$ ), del banco de pómez de Llano Grande, dicha muestra se tomó del material que pasa la malla de  $3/8''$ , se procedió a llevarla al laboratorio de la concretera para realizarle los estudios de:

##### **1. Granulometría y modulo de finura (A.S.T.M. C 331-81)**

Para la realización del ensaye de granulometría y modulo de finura se tomó una muestra de 800 grs. para luego tamizar la muestra esta muestra se registró con las normas **A.S.T.M. C 331-81** para agregado de peso ligero de  $3/8$  a 0. El resultado de este análisis se graficó y se puede observar que el material cumple en lo general con las especificaciones, fallando en dos mallas. Estos resultados se presentan en la tabla # 29.

##### **2. Pesos Volumétricos seco y compacto (A.S.T.M. C-29).**

Para los pesos volumétricos seco y compacto se realizó el procedimiento siguiente;

- ❖ Se tomó un recipiente cilíndrico con un volumen de  $0.009285 \text{ m}^3$  luego se procedió a introducir la pómez en el recipiente con una altura de una cuarta del borde del cilindro de manera sistemática, hasta el relleno total y enrase, el peso de este material (pómez) fue de 6.26 Kg. Luego se procedió al cálculo del peso volumétrico seco, ver tabla # 31.
- ❖ Este procedimiento se realizó con el cilindro de  $0.009285 \text{ m}^3$ , se introdujo la pómez hasta un tercio de altura y luego se compactó con la varilla punta de bala dándole 25 golpes de manera uniforme en toda el área,



esto se repite hasta rellenar el molde y enrase del molde, el peso de este material (pómez) fue de 6.96 Kg. Ver tablas # 31.

Una observación que no se debe de pasar por alto es que los resultados de los pesos se dan de manera de corte y redondeo de las decenas.

### **3. Gravedad específica y Absorción. (A.S.T.M. C-128).**

Para este ensayo se tomo una muestra de 300 grs. Saturada y superficialmente seca, el cual se introdujo en una probeta de 500 ml. Para posteriormente se pesar. Este procedimiento se especifica en la tabla # 30.

### **4. Contenido de humedad (A.S.T.M. C-566).**

Para este ensayo se tomo una muestra en estado natural de 500 grs. Luego se introdujo en un horno por 24 hrs. A una temperatura constante de 110 °C. Procediendo después del secado a tomar su peso seco, ver tabla # 31.

Estas propiedades físicas son necesarias para el diseño de mezcla para bloques livianos. Los resultados de la pruebas se muestran en las siguientes tablas.,



Tabla # 30

**CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADO FINO**

MATERIAL :

**PÓMEZ**

PROCEDENCIA :

**LLANO GRANDE**

ANALISIS # :

**023-08**

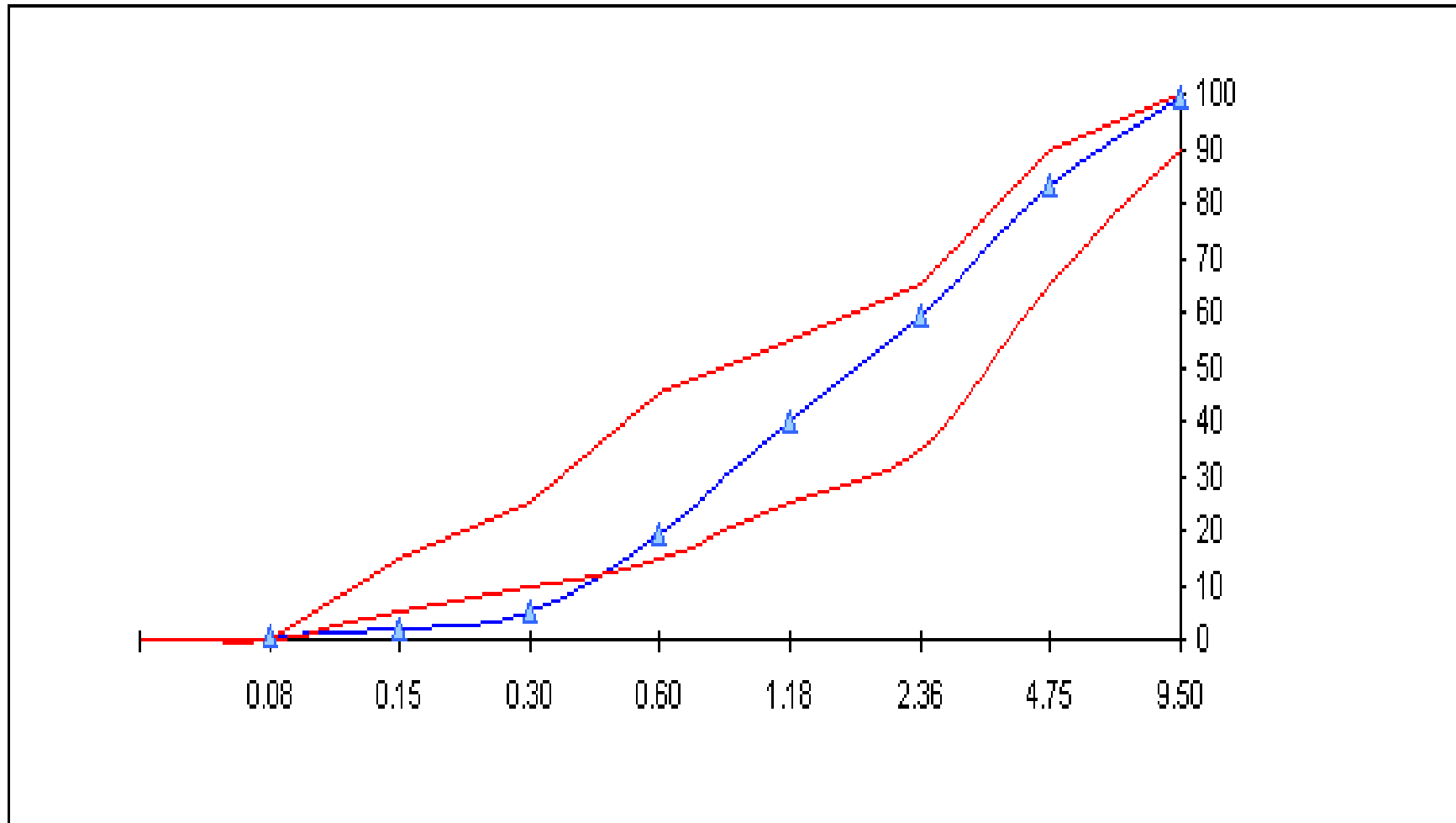
FECHA

**21/09/2008****CARACTERISTICAS DEL AGREGADO FINO****1- ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS (ASTM C 33)**

Malla (mm)	Malla nominal	P. Retenido (gr)	R. individual %	R. Acumulado %	Total pasando %	Especificaciones A.S.T.M. C 331-81	
						mín (%)	máx (%)
25.4	1 pulg.	<b>0</b>	0.00	0.00	100		
19.1	¾ pulg.	<b>0</b>	0.00	0.00	100		
12.7	½ pulg.	<b>0</b>	0.00	0.00	100	<b>100</b>	<b>100</b>
9.5	3/8 pulg.	<b>5.6</b>	0.70	0.70	99	<b>90</b>	<b>100</b>
<b>4.75</b>	<b>#4</b>	<b>126.1</b>	<b>15.76</b>	<b>16.46</b>	<b>84</b>	<b>65</b>	<b>90</b>
2.36	#8	<b>193.2</b>	24.15	40.61	59	<b>35</b>	<b>65</b>
1.18	#16	<b>156.1</b>	19.51	60.12	40	<b>25</b>	<b>55</b>
0.6	#30	<b>165.9</b>	20.73	80.85	19	<b>15</b>	<b>45</b>
0.3	#50	<b>111.6</b>	13.95	94.80	5	<b>10</b>	<b>25</b>
0.15	#100	<b>28</b>	3.50	98.30	2	<b>5</b>	<b>15</b>
0.075	#200	<b>8.7</b>	1.09	99.39	1	<b>0</b>	<b>0</b>
0	Charola	<b>4.9</b>	0.61	100.00	0	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Total (gr.) =</b>	<b>800.1</b>		<b>M.F=3.92</b>			



**Grafica # 9. Representa la granulometría del agregado ligero con el cual se elaboraron los boques livianos. con los requerimientos de la A.S.T.M. C 331-81**







**Tabla # 31**  
**2-GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION (ASTM C 128)**

Peso muestra saturada superficialmente seca (WSSS)	300 gr.
Peso recipiente	0 gr.
Peso muestra saturada superficie seca	300 gr.
Peso del frasco. + muestra + agua	<b>762 gr</b>
peso del recipiente(Probeta de vidrio)	<b>162.7 gr</b>
peso del agua (W)	<b>299.3 gr</b>
Peso muestra secada al horno(A)	<b>201.5 gr</b>
Peso recipiente	<b>0 gr</b>
Peso muestra secada al horno	<b>201.5 gr</b>
volumen del recipiente(V)	<b>500 ml</b>
Gravedad específica Gbs	1.00
Gravedad específica saturada superficie seca Gbsss	1.49
<b>Absorción</b> abs. %	48.88

**Tabla # 32.**  
**3- HUMEDAD TOTAL (ASTM C 566)**

Peso muestra original + recipiente		500 gr
Peso recipiente		0 gr
Peso muestra original		500 gr
Peso muestra seca + recipiente		331 gr
Peso recipiente		0 gr
Peso muestra seca		331 gr
Humedad total h. %		51.06
4- PESO UNITARIO (ASTM C29) Peso unitario (kg/m3)	Suelto	Envarillado
	670	750



#### IV.3. Proceso de fabricación del bloque liviano.

En nuestro país el bloque de concreto se elabora mediante varios métodos que van desde una fabricación prácticamente casera, empleando pequeñas maquinas manuales, hasta una elaboración con maquinas industriales. Todos estos métodos tienen en común el siguiente procedimiento:

- ❖ Dosificar y mezclar los materiales del concreto.
- ❖ Colocar la mezcla en los moldes.
- ❖ Sacar el bloque de los moldes.
- ❖ Curado de las unidades.
- ❖ Almacenamiento de las unidades.
- ❖ Muestrear y probar las unidades.

Un buen proporcionamiento es la base para obtener la resistencia requerida, así como también las propiedades deseables de los bloques de concreto. Entre estas propiedades se pueden nombrar un acabado aparente de calidad, resistencia al fuego y a los efectos de la intemperie y por supuesto sujeto a las normas de compresión establecidas.

Para obtener el diseño de mezcla con los requisitos de resistencia que están regidos por las normas británicas para bloques de concreto livianos, se utilizó un software el cual fue propuesto por la empresa **Concretera Total S.A.** para el diseño de mezcla de bloque liviano, en este programa se ingresaron las variables calculadas anteriormente del agregado liviano y cemento las cuales son; gravedad específica, absorción y humedad, a continuación se muestran los resultados de los datos:



Tabla # 33 DISEÑO DE CONCRETO PARA BLOQUES LIVIANOS DE 6"

Material	Mat(%)	W(kg)	Gsss	h(%)	a(%)	Ws(kg)	Wh(kgs)	Al(kg)	Wsss(kg)	Vabs(lts)	Wsss/m3 (kg/m3)
Cemento HOLCIM.		182.0	2.96			232			232	78.38	232
Grava 3/8"		0.0				0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
Material Cero.	0	0.0				0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
Arena Industrial.	0	0.0				0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
Arena Piedra Pomez.	1	1104.7	1.49	51.06	48.88	1081.2	1633.2	23.57	1104.7	725.62	1104.7
Arena Motastepe.	0	0.0	2.43	10.15	5.23	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0
	100	0.0				0.0	0.0	0.00			0.0
		0.0				0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0
Agua		116.0				0.0				116.00	116.0
Aire (%)	8	0.0		0.31	0.271	0.0		23.57	1336.7	80.00	
		1403								1000	1453

Aire (%)

Total/bachada seca

1081.18

Total/bachada humeda.

1633.22

Total/batida sat.sup.seca.

1104.7

Agua/Cemento

0.50

Cemento/agregado.=Wseco

0.21

Cemento/agregado.=V

0.14

Cemento/agregado.=H

0.21

Revenimiento Inicial.

0

Revenimiento final.

0

Ing. Vladimir Tercero C.

Gerente de Control de Calidad.

## RENDIMIENTO

CONTENIDO DE CEMENTO

182 kg/m3

TOTAL EN BOLSAS.

4 sacos/m3

Para	0.55 m <sup>3</sup>	%
Cemento HOLCIM.	100 Kg	0.14
Grava 3/8"	0	0.00
Material Cero.	0	0.00
Arena Industrial.	0	0.00
Arena Piedra Pómez.	608 Kg	0.86
Arena Motastepe.	0	0.00
	707.7	



Con los datos obtenidos del software, tenemos los siguientes datos: que para 0.55 m<sup>3</sup> el cual es la capacidad de la tolva de la mezcladora son: 100 kilogramos de cemento HOLCIM y 608 kilogramos de arena pómez de 3/8", luego se procedió el cálculo de material para una bolsa de cemento (42.5 kg.) obteniendo los siguientes proporción:

**Para obtención de una resistencia de 28 Kg/cm<sup>2</sup> la proporción en peso de 1:6 con relación de A/C= 0.5.**

#### **IV.3.1. Aspectos técnicos.**

##### **IV.3.1.1. Tipo de máquina.**

Los bloques de concreto con agregados se hacen moldeando una mezcla semiseca de concreto con una máquina que los golpe o los vibre, y a veces usan cierta presión. Se dispone una amplia variedad de máquinas elaboradora de bloques; desde la clase simple y barata operada manualmente, hasta la más complicada y caras completamente automática y de alta velocidades, para producciones en masa.

Con las proporciones de la mezcla se prosiguió a la fabricación de los bloques en la máquina **BESSER** de vibro compactación y su funcionamiento consiste en mezclar y depositar esta en los moldes para luego vibrar y compactarlo.

#### **Máquina BESSER**

**Foto # 20**



**Foto # 21**





## Maquina BESSER

Foto # 22



Este proceso se describe de la siguiente manera:

1. Deposito del material en la cubeta de la mezcladora.
2. Luego se deposita en la mezcladora la cual tiene una capacidad de 0.55 m<sup>3</sup>.
3. Se traslada la mezcla a una cubeta de la maquina **BESSER** la cual la deposita en el buzón o deposito y cae en la maquina en el carro de llenado.
4. Una vez que sale del carro de llenado cae al molde del bloque donde se inicia el proceso de estampado y vibrado, este procedimiento se realiza en dos tiempos estos son:

**Tiempo 1:** Tiempo de llenado del molde 2.4 seg.

Tiempo de espera del molde 0.8 seg.

Tiempo de llenado automático 0.6 seg.

**Tiempo 2:** Tiempo de compactación en el molde 2.2 seg.

Tiempo de vibración del molde 2.6 seg.

Tiempo de recibido 0.6 seg.

5. Ya una vez formado baja al recibidor de paleta (platina metálica) la cual sale al carro móvil y el bloque es colocado con una pluma operada manualmente, quien la deposita en los Rash (estantes).



Con este proceso descrito anteriormente se fabricaron bloques livianos con la proporción para una bolsa de cemento:

- ❖ En la primera mezclada se elaboraron 27 bloques.
- ❖ En la segunda mezclada se elaboraron 30 bloques.
- ❖ En la tercera mezclada se elaboraron 33 bloques.
- ❖ En la cuarta mezclada se elaboraron 33 bloques.
- ❖ En la quinta mezclada se elaboraron 33 bloques.

Obteniendo así de las cinco mezcladas un promedio de 33 bloques por bolsa de cemento, este rendimiento es aceptable en comparación al concreto de peso normal. En las siguientes imágenes se muestran el proceso de fabricación de los bloques livianos de pómez.

#### **Peso del agregado de pómez y cemento en la maquina BESSER.**

**Foto # 23**



**Foto # 24**



#### **Proceso de mezclado de los materiales**

**Foto # 25**





### **Vibro-compactación y elaboración del bloque liviano**

**Foto # 26**



**Foto # 27**



### **Recepción del bloque liviano**

**Foto # 28**



**Foto # 29**



### Estantes para el almacenamiento de los bloques livianos.

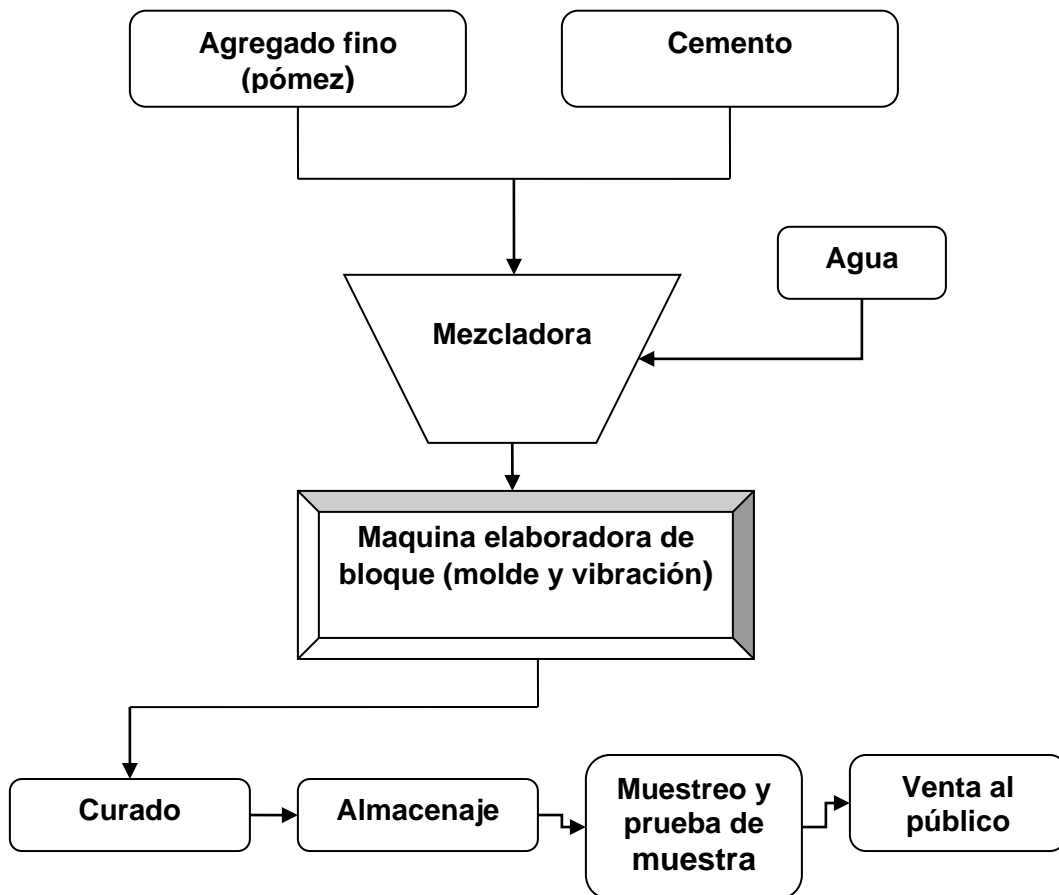
Foto # 30



Foto # 31



### Grafica # 10 Proceso de fabricación del bloque liviano.







#### **IV.3.1.2. Curado de los bloques.**

Luego del proceso de fabricación se deben colocar los bloques recién elaborados bajo techo, en estanterías durante un periodo de 24 horas.

El curado tiene por objeto conservar el concreto saturado o lo más cerca posible de la saturación, hasta que los huecos generalmente llenos de agua en la pasta de cemento sean llenados por los productos de hidratación del cemento. La necesidad de curar los materiales de concreto estriba en el hecho de que la hidratación del cemento ocurre solo donde el agua llena los huecos capilares, por esta razón, una pérdida del agua capilar por evaporación debe ser prevenida, además hay agua que se pierde internamente por secamiento propio, la cual debe ser reemplazada por agua del exterior, es aquí donde juega un papel importante el curado del bloque liviano, para la obtención de resistencia.

Según las normas de construcción para que los bloques logren la resistencia adecuada es necesario cumplir con 28 días para su comercialización, sin embargo existen aditivos que aceleran el proceso de curado para su comercialización en tres días lo cual es muy común en las fábricas industriales debido a la demanda.

El tipo de curado utilizado para los bloques livianos fue por medio del método de irrigación, que consiste en irrigar los bloques ya almacenados en el patio varias veces al día, durante un periodo de 3 a 7 días. Los bloques deben colocarse apilados 4 unidades máximos, dejando espacios de unos 2 centímetros entre cada bloque para ventilación y riego.

### Curado del bloque liviano

#### Foto # 32





#### **IV.4. Prueba de resistencia a la compresión, absorción y dimensiones a los bloques de concreto liviano.**

Para ver como está la calidad de los bloques livianos se realizaron pruebas de laboratorio a las unidades de bloques de concreto liviano dichas pruebas son:

1. Resistencia a la compresión.
2. Absorción.
3. Dimensiones.

Cabe señalar que el Reglamento Nacional de Construcción no existe un artículo dedicado a los bloques de concreto liviano, por este motivo dichas pruebas estarán regidas por la **Normas Británicas B.S. 2028:1953 bloques precolados de Concreto**. En vista a lo anterior los resultados de las pruebas se compararan si cumplen con lo establecidos con esta norma.

##### **IV.4.1. Resistencia a la compresión y dimensión del bloque liviano.**

###### **❖ Resistencia del bloque Liviano.**

Para establecer la calidad de la unidad de mampostería se determinó la resistencia a la compresión a la edad de 7, 14 y 28 días, de los dos lotes de bloques que se fabricaron se tomaron 6 unidades promedio al azar para dichas pruebas. Para la prueba de fatiga se tiene que preparar el bloque liviano de la siguiente manera como es el cabeceo que tiene por objeto lograr una distribución homogénea de la carga aplicada al bloque en ambas secciones transversales; para medir la carga aplicada se empleó una máquina hidráulica con una capacidad de 200,000 lbs. Y para mejorar la distribución de carga el bloque se colocó entre dos placas de hierro de 45 x 20 centímetros. Ya centrado el bloque se procede al palanqueo manual de la máquina de forma constante hasta que el bloque falle por compresión. En este punto la aguja del dial de la prensa deja de marcar obteniendo así la máxima carga aplicada al espécimen, una de las cualidades para saber que se llegó a la carga máxima es la ruptura del bloque.



**En la siguiente figura se aprecia el proceso de la prueba a la compresión del bloque liviano.**

**Foto # 33**



**Foto # 34**



Después de obtener la carga máxima aplicada se procede al cálculo de la resistencia del bloque a diferentes edades. Otra variable para la determinación de la resistencia es, el área bruta del bloque, que se entiende como la sección perpendicular a la dirección de aplicación de la carga ( $w$ ), esta área bruta abarca las oquedades del bloque liviano, mientras que el área neta abarca parte sólida del bloque en sí, esta área es aproximadamente el 55 % del bloque liviano.

El cálculo del área bruta esta dada por la siguiente expresión:

$$\text{Área Bruta} = L * A$$

$L$ = Longitud del bloque (centímetros, pulgadas).

$A$ = Ancho del bloque (centímetros, pulgadas).

Teniendo cuantificada estas dos variables con sus unidades correspondientes se procede al cálculo de la resistencia del bloque liviano que no es más que la carga aplicada entre el área bruta del bloque:

$$\text{Esfuerzo} = w / A$$

$W$ : la carga aplicada (libra, kilogramo)

$A$ : el área bruta (pulgadas, centímetros al cuadrados).



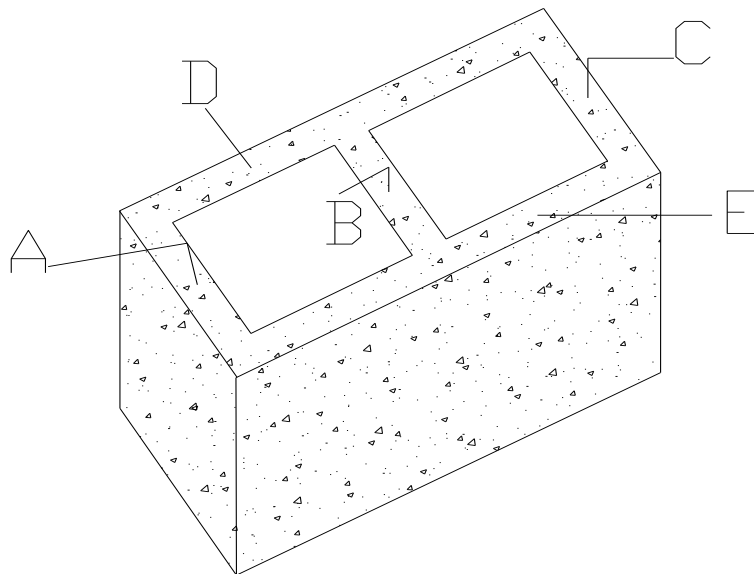
### ❖ Dimensionamiento del bloque Liviano.

Para realizar esta prueba se utilizó las mismas unidades que se ensayaron a la compresión. Las cuales se midieron para determinar el promedio de sus tres dimensiones; ancho, largo y alto.

Las dimensiones de los bloques no debe de diferir de las variaciones permisible según la A.S.T.M. designación C 90-75, la cual dice que, ninguna dimensión (ancho, largo y alto), no debe de ser mayor de  $\pm 1/8''$  ( $\pm 3.0$  mm) de las dimensiones estándares, el grosor de las paredes del bloque liviano no debe de ser menor de 2.5 cm,

Este ensayo se realizó con el instrumento llamado pie de rey o regla de precisión (ver Grafico # 11). Seguidamente se clasifican las paredes del bloque liviano desde la letra A a la E, luego se procede a medir las paredes según la clasificación, seguidamente se mide las dimensiones de largo, ancho y alto en cada borde del bloque (inferior y superior).

**Grafico # 11: Clasificación de las paredes del bloque**



Los datos obtenidos se muestran en las siguientes tablas.

## **Ensayo de dimensiones al Bloque liviano**

### **Pie de rey**

### **Instrumento para medir las dimensiones del bloque**

**Foto # 35**



### **Ensayo a las dimensiones del bloque**

**Foto # 36**





**Tabla # 34 Ensaye a la compresión y dimensionamiento de bloques liviano de pómez.**

Código de la muestra	Fecha De fabricación	Fecha De ruptura	Edad en días	Carga ruptura (lb)	Carga unitaria bruta	
					Lb/pulg <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
1	2 de octubre	9 de octubre	7	30,000	323	23
2	2 de octubre	9 de octubre	7	25,000	269	19
3	2 de octubre	9 de octubre	7	28,000	301	21

Código de la muestra	textura		Tolerancias +/- 3 mm				ancho	Tolerancia superior +/- 3mm					Tolerancia inferior +/- 3mm					Peso en Kg. (lb.)
	Buena	Malo	Altura (cm)		Largo (cm)		(cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	E (cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	E (cm)	
	regular																	
1	buena		20.2	20.0	40.1	40.0	15.05	3.3	2.65	3.3	3.2	3.3	3.65	3.05	3.6	3.55	3.6	10.89 (24)
2	buena		20.1	20.1	40.1	39.9	15.05	3.3	2.7	3.35	3.27	3.25	3.7	3.02	3.6	3.5	3.8	9.98 (22)
3	buena		20.2	19.9	40.1	40.0	15.02	3.35	2.68	3.32	3.25	3.3	3.68	3.1	3.62	3.55	3.6	9.98 (22)
Promedio			20.2	20.0	40.1	39.95	15.04	3.32	2.68	3.32	3.24	3.28	3.68	3.06	3.61	3.53	3.67	10.28(22.7)
Desv. Estándar			0.047	0.081	0.00	0.05	0.014	0.024	0.021	0.021	0.029	0.024	0.021	0.033	0.009	0.024	0.094	0.429
Rango			20.0	20.0	40.0	40.0	15.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	---

**Tabla # 35 Ensayo a la compresión y dimensionamiento de bloques liviano de pómez.**

Código de la muestra	Fecha De fabricación	Fecha De ruptura	Edad en días	Carga ruptura (lb)	Carga unitaria bruta	
					Lb/pulg <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
1	2 de octubre	16 de octubre	14	36,000	387	27
2	2 de octubre	16 de octubre	14	35,000	366	26
3	2 de octubre	16 de octubre	14	34,000	366	26

Código de la muestra	textura		Tolerancias +/- 3 mm				ancho	Tolerancia superior +/- 3mm					Tolerancia inferior +/- 3mm					Peso en Kg. (lb.)
	Buena	Malo	Altura (cm)		Largo (cm)		(cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	E (cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	E (cm)	
	regular																	
1	buena		20.2	20.0	40.3	40.1	15.0	3.1	2.6	3.35	3.3	3.20	3.6	3.00	3.67	3.6	3.3	8.111 (17.88)
2	buena		20.1	20.0	40.2	40.1	15.0	3.1	2.6	3.3	3.25	3.15	3.55	3.02	3.68	3.6	3.4	8.257 (18.20)
3	buena		20.2	20.0	40.0	40.0	15.01	3.3	2.7	3.3	3.23	3.3	3.65	3.00	3.63	3.6	3.4	7.951(17.52)
Promedio			20.17	20.0	40.17	40.07	15.003	3.17	2.63	3.32	3.26	3.22	3.6	3.007	3.66	3.6	3.37	8.184(18.04)
Desv. Estándar			0.047	0.0	0.125	0.047	0.005	0.094	0.047	0.024	0.029	0.062	0.041	0.009	0.022	0.0	0.047	0.073
Rango			20.0	20.0	40.0	40.0	15.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	---



**Tabla # 36 Ensaye a la compresión y dimensionamiento de bloques liviano de pómez.**

Código de la muestra	Fecha De fabricación	Fecha De ruptura	Edad en días	Carga ruptura (lb)	Carga unitaria bruta	
					Lb/pulg <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
1	2 de octubre	30 de octubre	28	43,000	462	33
2	2 de octubre	30 de octubre	28	33,000	355	25
3	2 de octubre	30 de octubre	28	34,000	355	26

Código de la muestra	Textura		Tolerancias +/- 3 mm				ancho	Tolerancia superior +/- 3mm					Tolerancia inferior +/- 3mm					Peso en Kg. (lb.)
	Buena	Malo	Altura (cm)		Largo (cm)		(cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	E (cm)	A (cm )	B (cm)	C (cm)	D (cm)	E (cm)	
	Regular																	
1	buena		20.1	19.9	40.1	40.0	15.0	3.3	2.6	3.1	3.3	3.20	3.6	3.2	3.6	3.62	3.4	8.21 (18.1)
2	buena		20.0	20.0	40.0	40.0	15.0	3.2	2.6	3.3	3.28	3.3	3.6	3.1	3.65	3.64	3.42	8.111 (17.9)
3	buena		20.2	20.1	40.2	40.1	15.0	3.1	2.6	3.1	3.3	3.3	3.6	3.1	3.65	3.65	3.4	7.439(16.4)
Promedio			20.1	20.0	40.1	40.03	15.0	3.2	2.6	3.17	3.29	3.27	3.6	3.17	3.63	3.64	3.41	7.92(17.46)
Desv. Estándar			0.082	0.082	0.082	0.047	0.0	0.082	0.0	0.094	0.009	0.047	0.0	0.047	0.024	0.013	0.009	0.343
Rango			20.0	20.0	40.0	40.0	15.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	---

**Tabla # 37 Ensaye a la compresión y dimensionamiento de bloques liviano de pómez.**

Código de la muestra	Fecha De fabricación	Fecha De ruptura	Edad en días	Carga ruptura (lb)	Carga unitaria bruta	
					Lb/pulg <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
1	2 de octubre	18 de noviembre	Mas de 28 días	36,000	387	27
2	2 de octubre	18 de noviembre	Mas de 28 días	36,000	387	27
3	2 de octubre	18 de noviembre	Mas de 28 días	42,000	438	32

Código de la muestra	textura		Tolerancias +/- 3 mm				ancho	Tolerancia superior +/- 3mm					Tolerancia inferior +/- 3mm					Peso en Kg. (lb.)
	Buena	Malo	Altura (cm)		Largo (cm)		(cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	E (cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	E (cm)	
	regular																	
1	buena		20.2	19.8	40.1	40.0	15.0	3.3	2.63	3.32	3.2	3.3	3.65	3.00	3.6	3.5	3.6	8.252 (18.2)
2	buena		19.9	19.8	40.1	40.0	15.0	3.3	2.65	3.3	3.3	3.2	3.6	3.00	3.65	3.59	3.5	7.33 (16.16)
3	buena		20.3	19.9	40.2	40.0	15.0	3.3	2.65	3.35	3.2	3.3	3.65	3.00	3.6	3.4	3.6	7.370(16.24)
Promedio			20.13	19.83	40.13	40.0	15.0	3.3	2.64	3.32	3.23	3.27	3.63	3.00	3.62	3.50	3.57	7.650(16.9)
Desv. Estándar			0.170	0.047	0.047	0.0	0.0	0.0	0.009	0.021	0.047	0.047	0.024	0.0	0.024	0.078	0.024	0.426
Rango			20.0	20.0	40.0	40.0	15.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	---

**Tabla # 38 Ensayo a la compresión y dimensionamiento de bloques liviano de pómez.**

Código de la muestra	Fecha De fabricación	Fecha De ruptura	Edad en días	Carga ruptura (lb)	Carga unitaria bruta	
					Lb/pulg <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
1	8 de octubre	15 de octubre	7	25,000	269	19
2	8 de octubre	15 de octubre	7	28,000	301	21
3	8 de octubre	15 de octubre	7	23,000	247	17

Código de la muestra	textura		Tolerancias +/- 3 mm				ancho	Tolerancia superior +/- 3mm					Tolerancia inferior +/- 3mm					Peso en Kg. (lb.)
	Buena	Malo	Altura (cm)		Largo (cm)		(cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	E (cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	E (cm)	
	regular																	
1	buena		20.3	20.2	40.3	40.0	15.05	3.3	2.65	3.35	3.35	3.15	3.65	3.0	3.68	3.62	3.40	9.07 (20.00)
2	buena		20.2	20.1	40.3	40.2	15.0	3.3	2.7	3.3	3.3	3.3	3.65	3.0	3.60	3.65	3.40	9.52 (20.98)
3	buena		20.3	20.0	40.3	40.1	15.0	3.3	2.7	3.3	3.22	3.25	3.6	3.0	3.60	3.6	3.50	9.07(20.00)
Promedio			20.26	20.1	40.3	40.1	15.02	3.3	2.68	3.32	3.29	3.23	3.63	3.0	3.63	3.62	3.43	9.22(20.32)
Desv. Estándar			0.047	0.08	0.0	0.08	0.024	0.0	0.024	0.024	0.054	0.062	0.024	0.0	0.038	0.020	0.047	0.210
Rango			20	20	40	40	15	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	--

**Tabla # 39 Ensayo a la compresión y dimensionamiento de bloques liviano de pómez.**

Código de la muestra	Fecha De fabricación	Fecha De ruptura	Edad en días	Carga ruptura (lb)	Carga unitaria bruta	
					Lb/pulg <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
1	8 de octubre	22 de octubre	14	36,000	387	27
2	8 de octubre	22 de octubre	14	40,000	430	30
3	8 de octubre	22 de octubre	14	34000	366	26

Código de la muestra	textura		Tolerancias +/- 3 mm				ancho	Tolerancia superior +/- 3mm					Tolerancia inferior +/- 3mm					Peso en Kg. (lb.)
	Buena	Malo	Altura (cm)		Largo (cm)		(cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	E (cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	E (cm)	
	regular																	
1	buena		20.1	19.9	40.3	40.0	15	3.3	2.7	3.3	3.3	3.25	3.6	3.0	3.6	3.5	3.7	9.85 (21.71)
2	buena		19.9	19.9	40.1	40.0	15	3.3	2.6	3.4	3.2	3.2	3.6	2.8	3.65	3.55	3.65	9.3 (20.50)
3	buena		20	19.9	40.1	40.0	15	3.3	2.6	3.25	3.3	3.25	3.6	2.6	3.6	3.5	3.7	9.90 (21.81)
Promedio			20	19.9	40.17	40.0	15	3.3	2.63	3.32	3.27	3.23	3.6	2.8	3.62	3.52	3.68	9.68(21.33)
Desv. Estándar			0.08	0.0	0.094	0.0	0.0	0.0	0.047	0.062	0.047	0.024	0.0	0.163	0.024	0.024	0.024	0.271
Rango			20	20	40	40	15	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	---

**Tabla # 40 Ensayo a la compresión y dimensionamiento de bloques liviano de pómez.**

Código de la muestra	Fecha De fabricación	Fecha De ruptura	Edad en días	Carga ruptura (lb)	Carga unitaria bruta	
					Lb/pulg <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
1	8 de octubre	5 de noviembre	28	37,000	398	28
2	8 de octubre	5 de noviembre	28	39,000	409	29
3	8 de octubre	5 de noviembre	28	39,000	409	29

Código de la muestra	textura		Tolerancias +/- 3 mm				ancho	Tolerancia superior +/- 3mm					Tolerancia inferior +/- 3mm					Peso en Kg. (lb.)
	Buena	Malo	Altura (cm)		Largo (cm)		(cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	E (cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	E (cm)	
	regular																	
1	buena		20.2	20.1	40.2	40.1	15	3.3	2.6	3.3	3.25	3.2	3.65	3.1	3.65	3.61	3.4	8.423(18.56)
2	buena		20.1	20.0	40.1	40.0	15	3.2	2.65	3.3	3.3	3.3	3.6	3.1	3.65	3.65	3.4	7.511(16.55)
3	buena		19.9	19.85	40.3	40.2	15	3.3	2.7	3.3	3.35	3.3	3.6	3.0	3.6	3.62	3.5	7.856(17.31)
Promedio			20.07	19.98	40.2	40.1	15	3.27	2.65	3.3	3.3	3.27	3.62	3.07	3.63	3.63	3.43	7.93(17.48)
Desv. Estándar			0.125	0.103	0.082	0.082	0.0	0.047	0.041	0.0	0.047	0.047	0.024	0.047	0.024	0.017	0.047	0.376
Rango			20	20	40	40	15	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	---

**Tabla # 41 Ensaye a la compresión y dimensionamiento de bloques liviano de pómez.**

Código de la muestra	Fecha De fabricación	Fecha De ruptura	Edad en días	Carga ruptura (lb)	Carga unitaria bruta	
					Lb/pulg <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
1	8 de octubre	21 de noviembre	Mas de 28	33,000	355	25
2	8 de octubre	21 de noviembre	Mas de 28	35,000	366	26
3	8 de octubre	21 de noviembre	Mas de 28	43,000	462	33

Código de la muestra	textura		Tolerancias +/- 3 mm				ancho	Tolerancia superior +/- 3mm					Tolerancia inferior +/- 3mm					Peso en Kg. (lb.)
	Buena	Malo	Altura (cm)		Largo (cm)		(cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	E (cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	E (cm)	
	regular																	
1	buena		20.1	20.0	40.1	40.0	15.0	3.3	2.6	3.33	3.2	3.3	3.6	3.1	3.6	3.6	3.6	8.19 (18.05)
2	buena		20.0	19.8	40.2	40.0	15.0	3.35	2.5	3.5	3.2	3.2	3.6	3.0	3.6	3.5	3.5	8.347 (18.38)
3	buena		19.9	19.8	40.2	40.1	15.0	3.2	2.65	3.4	3.3	3.2	3.65	3.0	3.55	3.5	3.6	7.523 (16.58)
Promedio			20.0	19.87	40.17	40.03	15.0	3.28	2.58	3.41	3.23	3.23	3.62	3.03	3.58	3.53	3.57	8.02 (17.68)
Desv. Estándar			0.081	0.094	0.047	0.047	0.0	0.062	0.062	0.070	0.047	0.047	0.024	0.047	0.024	0.047	0.047	0.357
Rango			20	20	40.0	40.0	15.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	---

## Ensaye de compresión del bloque liviano.

### Ruptura de los bloques livianos en la maquina de compresión

**Foto # 37**



**Foto # 38**



**Foto # 39**





#### IV.4.2. Ensayo de absorción del bloque liviano.

Para determinar la absorción (**ASTM C140**) de los bloques livianos de concreto se tomó el promedio de 5 unidades, debido al tamaño de los bloques se quebró cada bloque liviano tomando trozos representativos, esto se hace debido a falta de horno adecuado, este ensayo se realizó en el laboratorio de la **I.M.S. (ingeniería de mecánica de suelo)**.

Los especímenes se sumergieron totalmente a temperatura ambiente en taras, durante 24 hrs. Al final de este periodo, se determinó su peso saturado superficialmente seco y luego determinándose su peso suspendido sumergido en el agua, para esto se utiliza un cesto. Inmediatamente se sometió a un secado por un periodo por 24 hrs. en un horno a temperatura constante de 110 °C. Terminado este tiempo se pesaron para determinar su peso seco. El peso de este material se ensayó con una balanza de precisión de 0.1 grs.

El cálculo de la absorción se realizó con la siguiente fórmula (según la especificación A.S.T.M. C 140).

$$\text{Absorción, lb/ft}^3 = [(E - C) / (E - F)] \times 62.4.$$

$$\text{Absorción, \%} = [(E - C) / C] \times 100.$$

Donde:

E = peso saturado de la unidad, lb.

C = peso seco de la unidad, lb.

F = peso suspendido sumergido de la unidad, lb.

62.4 = peso específico del agua, (lb/ft<sup>3</sup>).

El peso seco del material por unidad de volumen se determina para el peso específico del bloque liviano. La absorción en lb/ft<sup>3</sup>, es la cantidad de agua en peso que absorbe el bloque por unidad de volumen. Los resultados se presentan en las siguientes tablas.





## Ensayo para la densidad y absorción de los bloques liviano de pómez. ASTM C- 140

### Tabla # 42 Muestra número 1

Peso en gramos

Recipiente N°	95	61
Peso en el agua de Mat. Sat. + cesto (1)	591.0	597.7
Peso en el agua del cesto (2)	545.0	545.0
Peso en el agua de Mat. Sat. 1-2= (3)	46.0	52.7
Peso en el aire del Mat. Sat. (4)	147.3	133.0
Vol. De agua desalojado 4-3 = (5)	101.3	80.3
Peso en el aire del Mat. Seco (6)	119.2	109.2
Densidad referida al peso seco 6/ 5= (3)	1.18	1.35
Contenido de agua en el Mat. Sat. 4-6= (8)	28.1	23.8
Absorción referida al peso seco % (8/6) * 100= (9)	23.5	21.8
Absorción referida al volumen lb/pie <sup>3</sup> (8/5) * 62.4 = (10)	17.30	18.49

**Densidad promedio = 1.27**

**Absorción promedio = 22.6 %**

**Absorción promedio = 17.9 lb/ pie<sup>3</sup>**

### Tabla # 43 Muestra número 2

Peso en gramos

Recipiente N°	182	135
Peso en el agua de Mat. Sat. + cesto (1)	599.5	590.7
Peso en el agua del cesto (2)	545	545
Peso en el agua de Mat. Sat. 1-2= (3)	54.5	45.7
Peso en el aire del Mat. Sat. (4)	184.2	162.4
Vol. De agua desalojado 4-3 (5)	129.7	116.7
Peso en el aire del Mat. Seco (6)	151.3	128.3
Densidad referida al peso seco 6/ 5= (3)	1.17	1.10
Contenido de agua en el Mat. Sat. 4-6= (8)	32.9	34.1
Absorción referida al peso seco % (8/6) * 100= (9)	21.74	26.57
Absorción referida al volumen lb/pie <sup>3</sup> (8/5) * 62.4 = (10)	15.829	18.233

**Densidad promedio = 1.14**

**Absorción promedio = 24.15 %**

**Absorción promedio = 17.031 lb/ pie<sup>3</sup>**



## Ensayo para la densidad y absorción de los bloques livianos de pómez ASTM C- 140

**Tabla # 44 Muestra número 3**

Peso en gramos

Recipiente N°	725	97
Peso en el agua de Mat. Sat. + cesto (1)	588	575.3
Peso en el agua del cesto (2)	545	545.0
Peso en el agua de Mat. Sat. 1-2= (3)	43.0	30.3
Peso en el aire del Mat. Sat. (4)	178.2	170.6
Vol. De agua desalojado 4-3 (5)	135.2	140.3
Peso en el aire del Mat. Seco (6)	138.2	132.6
Densidad referida al peso seco 6/ 5= (3)	1.02	0.94
Contenido de agua en el Mat. Sat. 4-6= (8)	40.0	38.0
Absorción referida al peso seco % (8/6) * 100= (9)	28.94	28.65
Absorción referida al volumen lb/pie <sup>3</sup> (8/5) * 62.4 = (10)	18.460	16.901

**Densidad promedio = 0.98**

**Absorción promedio = 28.79 %**

**Absorción promedio = 17.681 lb/ pie<sup>3</sup>**

**Tabla # 45 Muestra número 4**

Peso en gramos

Recipiente N°	137	536
Peso en el agua de Mat. Sat. + cesto (1)	589.2	586.5
Peso en el agua del cesto (2)	545	545
Peso en el agua de Mat. Sat. 1-2= (3)	44.2	41.5
Peso en el aire del Mat. Sat. (4)	152.1	150.9
Vol. De agua desalojado 4-3= (5)	107.9	109.4
Peso en el aire del Mat. Seco (6)	112.7	136.1
Densidad referida al peso seco 6/ 5= (3)	1.04	1.24
Contenido de agua en el Mat. Sat. 4-6= (8)	39.4	14.8
Absorción referida al peso seco % (8/6) * 100= (9)	34.96	10.87
Absorción referida al volumen lb/pie <sup>3</sup> (8/5) * 62.4 = (10)	22.786	8.442

**Densidad promedio = 1.14**

**Absorción promedio = 22.9%**

**Absorción promedio = 15.614 lb/ pie<sup>3</sup>**



## Ensayo para la densidad y absorción de los bloques liviano de pómez ASTM C- 140

**Tabla # 46 Muestra número 5**

Peso en gramos

Recipiente N°	XX	965
Peso en el agua de Mat. Sat. + cesto (1)	613.1	616.8
Peso en el agua del cesto (2)	545	545
Peso en el agua de Mat. Sat. 1-2= (3)	68.1	71.8
Peso en el aire del Mat. Sat. (4)	211.5	217.9
Vol. De agua desalojado 4-3 (5)	143.4	146.1
Peso en el aire del Mat. Seco (6)	165.4	176.1
Densidad referida al peso seco 6/ 5= (3)	1.15	1.20
Contenido de agua en el Mat. Sat. 4-6= (8)	46.1	41.8
Absorción referida al peso seco % (8/6) * 100= (9)	27.8	23.7
Absorción referida al volumen lb/pie <sup>3</sup> (8/5) * 62.4 = (10)	20.060	17.853

**Densidad promedio = 1.18**

**Absorción promedio = 25.75 %**

**Absorción promedio = 18.956 lb/ pie<sup>3</sup>**



### Ensayo a la Absorción del bloque liviano.

**Saturación durante 24 hrs de los especímenes**

**Foto # 39**



**Foto # 40**



### Pesos de los especímenes.

**Peso del espécimen en el aire saturado  
superficialmente seco**

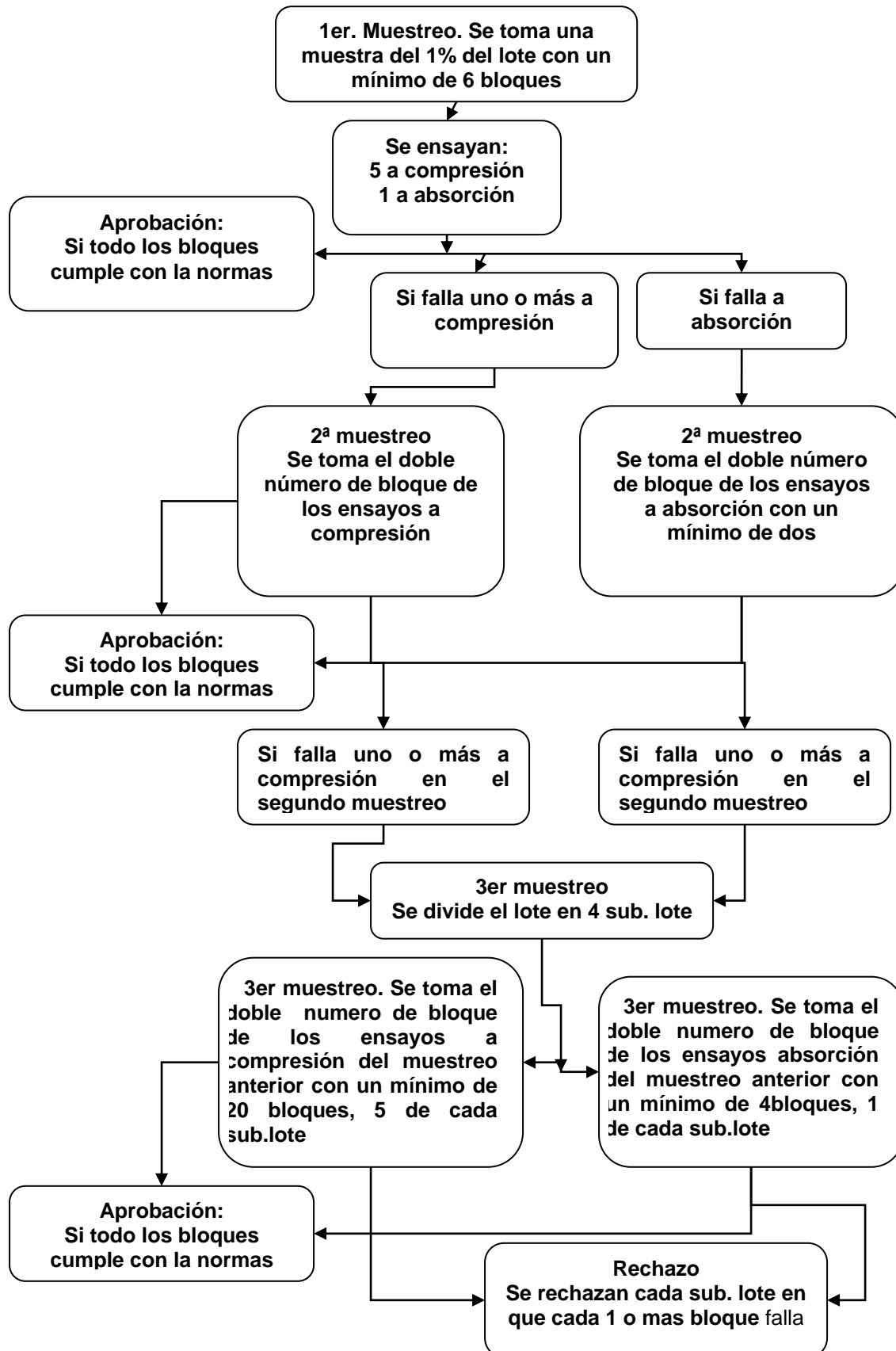
**Foto # 41**



**Peso del espécimen sumergido  
en la cesta**

**Foto # 42**



**Grafico # 12 Muestreo para determinar la calidad del bloque final.**



#### **IV.5. Comparación de los costos económicos del bloque normal con los del bloque liviano de piedra pómez.**

Considerando que este material de pómez no tiene actualmente un valor comercial definido por parte de un gremio del sector minero de pómez se asumirá el costo dado por el encargado de la pómez de la mina de Llano Grande es:

- Arena de pómez ya cribada por la malla de 3/8" tiene un valor de C\$ 50 por m<sup>3</sup>. En la fabricación del bloque liviano se involucran costos directos e indirectos que se tiene que tomar en cuenta para determinar el valor comercial al público (precio de venta) :
- Del diseño de bloque se obtuvo que para un metro cúbico de pómez se necesita 4 bolsas de cemento.
- El transporte de material a la fabrica y de la fabrica al cliente tiene un valor de C\$ 1.28 por bloque (puesto en Managua).
- El costo de mano de obra directa incluye el pago de los operadores de la maquina y horas extras.
- El costo de la mano de obra indirecta se incluye el pago de supervisor de los operarios y el transporte.
- Otros gastos que se incluye es la depreciación, pago del INSS, INATEC, etc.



A continuación se presenta la tabla # 46 del costo del bloque liviano de pómez

**Tabla # 47**

DESCRIPCION	UNID.	Consumo Unitario	Costo Unitario(us)	Costo Total(us)
<b>Cemento CEMEX.</b>	<b>Kgs</b>	<b>1.288</b>	<b>0.1635</b>	<b>0.2106</b>
<b>Piedra Pómez 3/8"</b>	<b>Kgs</b>	<b>7.818</b>	<b>0.0077</b>	<b>0.0602</b>
<b>SUB TOTAL CONCRETO.</b>				<b>\$ 0.2708</b>
Mano de Obra Directa.	h/h	1	0.0102	0.010200
Mano de Obra Indirecta.	h/h	1	0.0044	0.0044000
Cargas Sociales.	us.	1	0.0052	0.005200
<b>SUB TOTAL MANO DE OBRA.</b>				<b>\$ 0.0198</b>
Costos Indirectos.	Global	1	0.02	0.02240
Depreciación.	Global	1	0.0213	0.0213
<b>SUB TOTAL COSTOS INDIRECTOS Y DEPRECIACION.</b>				<b>\$ 0.0437</b>
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 0.3343</b>

$f'c = (28 \text{ kgf/cm}^2)$ .

Nota: El transporte se incluye  
Dentro de la mano de obra indirecta



## Tabla de costo de producción del bloque normal fabricado por la Concretera Total

**Tabla # 48**

**CONCRETERA TOTAL S.A.**

### **"Bloques de 15cm x 20cm x 40cm"**

Peso: 0.017 Ton.

	DESCRIPCION	UNID.	Consumo Unitario	Costo Unitario(us)	Costo Total(us)
1	<b>Cemento CEMEX.</b>	<b>Kgs</b>	<b>1.538</b>	<b>0.1635</b>	<b>0.2515</b>
2	Grava 3/8"	Kgs	0.00	0.0110	0.0000
3	Material Cero.	Kgs	8.94	0.0062	0.0554
4	Arena Nejapa.	Kgs	6.34	0.0070	0.0444
<b>SUB TOTAL CONCRETO.</b>					<b>\$ 0.3513</b>
8	Mano de Obra Directa.	h/h	1	0.0102	0.010200
9	Mano de Obra Indirecta.	h/h	1	0.0044	0.0044000
10	Cargas Sociales.	us.	1	0.0052	0.005200
<b>SUB TOTAL MANO DE OBRA.</b>					<b>\$ 0.0198</b>
11	Costos Indirectos.	Global	1	0.02	0.02240
12	Depreciación.	Global	1	0.0213	0.0213
<b>SUB TOTAL COSTOS INDIRECTOS Y DEPRECIACION.</b>					<b>\$ 0.0437</b>
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 0.4148</b>

**Nota:**  $f'c = (55 \text{ kgf/cm}^2) 782 \text{ psi}$ .

Con los datos presentados en las tablas anteriores se puede apreciar el costo de producción por unidad del bloque liviano y el del bloque de concreto normal existe un ahorro del 20 %, y claramente se puede observar una reducción de costos en el producto terminado de pómez en comparación al bloque de concreto normal, lo que hace de este resultado un bloque factible para ser empleado como elemento de mampostería siempre y cuando tomando en cuenta sus propiedades físicas.





## Capítulo V: Análisis e interpretación de las pruebas realizadas a los bloques livianos.

### V.1. Resistencia a la compresión.

Según la **norma Británica 2028** para bloques livianos, establece que la resistencia a la compresión basada en el área total para los bloques de tipo B, de un lote de doce bloques el mínimo valor de resistencia para cualquier bloque individual es de **21 kg/cm<sup>2</sup>**, y el valor promedio mínimo de los doce bloques es de **28 Kg/cm<sup>2</sup>**.

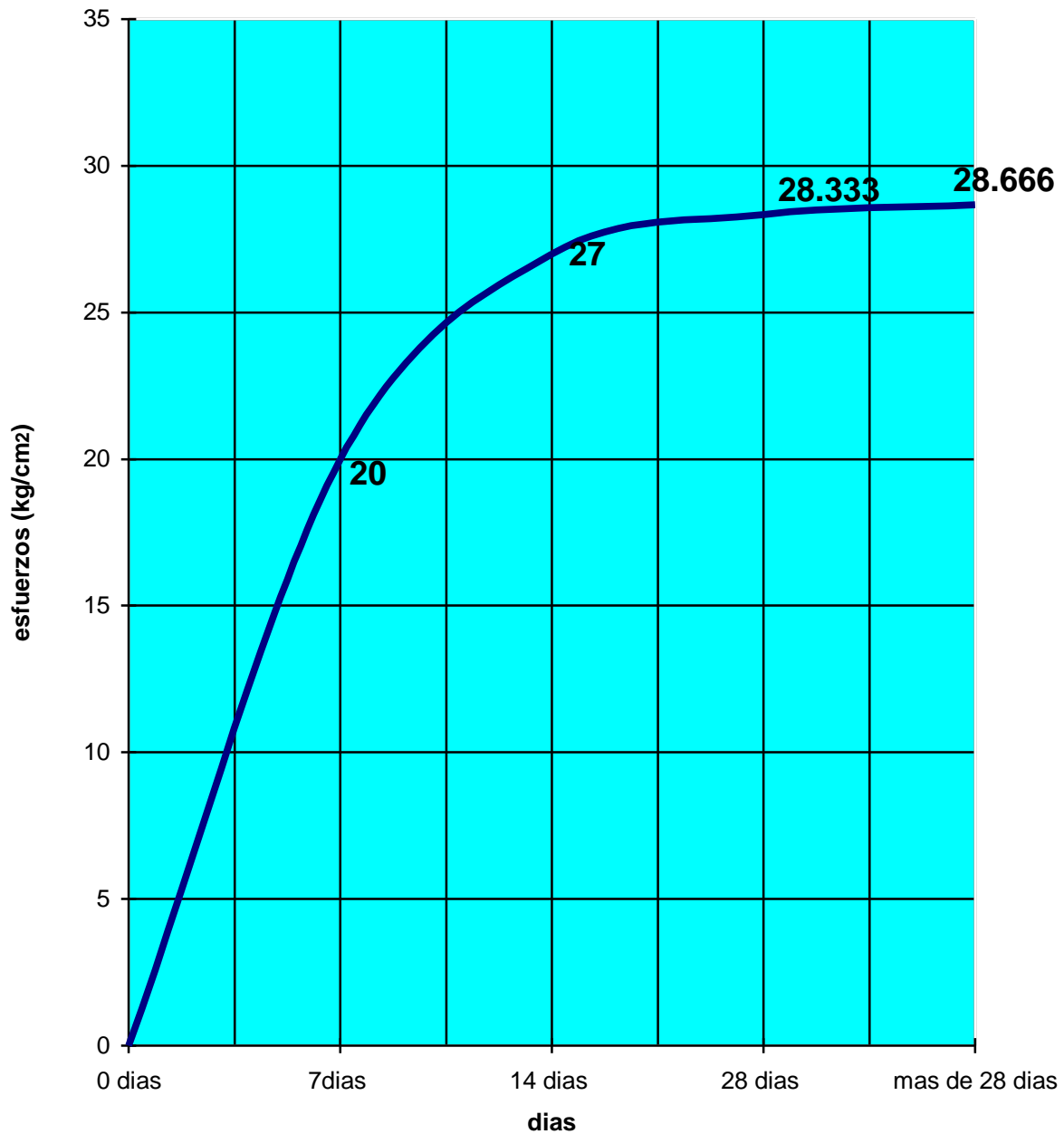
Los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a los bloques livianos de pómez dieron un mínimo de resistencia de **25 Kg/cm<sup>2</sup>** y un máximo de **33 Kg/cm<sup>2</sup>**. El promedio de la resistencia de estos bloques es de **28.33 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de edad**, cumpliendo con los requerimientos de las normas Británicas de **28 Kg/cm<sup>2</sup>** a los 28 días.

La prueba de la resistencia a la compresión se realizó en diferentes periodos de tiempo, para determinar el aumento de la resistencia en periodos establecidos por las normas. Es de ahí que se obtiene que el **60%** de la resistencia del bloque liviano se obtuviera a los 7 días de fabricación (ver grafico # 13). Este porcentaje alto, adquirido a temprana edad es requerido para bloques normales según las fabricas de bloques.



**Grafico # 13.**

**Diagrama de esfuerzo (promedio) de los bloques livianos ensayados en diferentes días**





## V.2. La densidad y absorción de los bloques livianos.

Los resultados obtenidos de los ensayos de absorción se rigieron con las normas A.S.T.M. C 140 debido a que las especificaciones Británicas no establece parámetro para bloques con agregado ligero. La absorción del promedio de 5 bloques liviano de pómez es de **17.43 lb/ pie<sup>3</sup>**, este resultado en comparación con las normas A.S.T.M. que establece una absorción de **15 lb/ pie<sup>3</sup>** es aceptable, por la naturaleza del agregado que es de tipo poroso.

La densidad promedio de los cinco bloques livianos de pómez es de **1.14**, este resultado se compara con la densidad de concreto de peso ligero para bloques, lo cual indica que no debe de exceder de **1.6**. Por lo tanto este bloque cumple con los requerimientos antes mencionados.

## V.3. Dimensiones de los bloques livianos.

Los requerimientos de la norma A.S.T.M. C 90-75 establece que tanto en el largo, ancho y alto para bloques huecos, puede existir una variación permisible de 3.18 mm o 1/8" en sus dimensiones. Las dimensiones del bloque liviano hueco son de 40 cm de largo, 20 cm de alto y 15 cm de ancho. Los ensayos realizados dieron un resultado con una variación máxima de

- ❖ +/- 3 mm en altura,
- ❖ +/- 2 mm en lo largo.
- ❖ +/- 0.05 mm en ancho.

El grosor de las paredes o almas del bloque según las normas no debe de ser menor de 2.5 cm o 1 pulg. Los espesores de este bloque según los ensayos realizados obtienen promedio de espesor de 3.3 cm, cumpliendo así por encima del requerimiento mínimo establecido.

El cumplimiento del requisito es importante en la modulación de los bloques, para una apariencia uniforme y un acabado perfecto de la mampostería.



## Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones.

### VI.1. Conclusiones.

En base a la investigación y los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

1. La mayor extensión de bancos de pómez se encuentra en la costa Pacífico de nuestro país, con mayor predominio en los departamentos de Masaya, Granada, Managua y León. Este material se puede identificar por afloramiento en los caminos lo que resulta de gran ventaja por lo que no es preciso realizar gastos en sondeos, exploraciones, etc.
2. Las propiedades físicas de los bancos de pómez estudiados en esta tesis, presentan cualidades de agregados de peso ligeros que cumplen con los parámetros ya establecidos como; la gravedad específica, pesos unitarios y absorción, pero no quiere decir que cumplen en su totalidad con los requerimientos para unidades de mampostería en lo que se refiere específicamente a la granulometría.
3. Los especímenes cilíndricos elaborados con agregado de piedra pómez pertenecen al tipo II **de concreto parcialmente compactado con agregado ligero** (no estructural) con resistencia a la fatiga de **32.38 kg/cm<sup>2</sup>** con proporción **1:6** y Relación A/C de **0.6** cumpliendo con los parámetros especificadas por la normas Británicas que se encuentran entre el rango de resistencia a la compresión de **14-39 kg/cm<sup>2</sup>**.



4. Los ensayos de laboratorio realizados al material de pómez demostraron que el banco que más se ajusta a los requerimientos de granulometría de la **A.S.T.M. C 331-81** (Requerimientos físicos para unidades de mampostería de concreto ligero), es el banco de materiales Llano Grande, las Flores, Masaya. Para la fabricación de los bloques livianos como se muestra en el siguiente resultado.

**Norma A.S.T.M. C-331-59T para agregado ligero de 3/8" a o.**

Mallas	3/8"	#4	#8	#16	#50	#100
% QP	90-100	65-90	35-65	---	10-25	5-15
Banco Llano Grande % QP	99	84	59	40	5	2

5. El uso de este agregado de peso ligero en la fabricación de elementos de mampostería es factible, ya que cumplen con los requerimientos establecidos por las normas Británicas **B.S. 2028 precolado de concreto**, a como se muestra en los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de **28.33 Kg/cm<sup>2</sup>** realizados a los bloques livianos a los **28 días**.
6. El diseño propuesto para la fabricación de bloques liviano es el más adecuado, tomando en cuenta las propiedades físicas-mecánicas del bloque y el rendimiento de la materia prima para obtener un costo económico optimizado.
7. La densidad del agregado ligero es una cualidad particular que se conserva en el bloque liviano, presentándose en el peso del bloque que oscila entre 18 y 20 lbs, resultando una reducción en el peso del **30%** en comparación con el bloque de concreto normal. Esto representa una ventaja importante dado que reduce los costos de transporte tanto para el agregado como para el producto final. Otra ventaja sustancial es la trabajabilidad y manejabilidad del bloque ya que ahorraría tiempo en los levantamientos de paredes y reducción de carga muerta en las estructuras.



8. Este bloque liviano puede ser usado para la construcción de vivienda de tipo social de una planta, debido a que sus costo es accesible comparado con el bloque de tipo normal. Con respecto a la calidad (resistencia y absorción) de este bloque liviano, cumple con los parámetros establecidos para este tipo de bloque.



## **VI.2. Recomendaciones.**

Esta parte complementaria de la tesis, tiene como propósito de poner las inquietudes de la investigación a las partes que concierne al estudio como lo es:

1. Al ministerio de Fomento Industria y Comercio se le recomienda la capacitación técnica a los trabajadores de las minas (no metálicas) para erradicar la falta de conocimientos en los aspectos que conciernen a:
  - Conocimientos del marco legal vigente y ambiental donde se establezca una formulación de una Normativa Ambiental para el control de las labores de explotación de yacimientos de pómez.
  - La carencia de conocimientos en técnicas de explotación y procesamiento adecuado del material.
2. Al Ministerio de Transporte e Infraestructura se enfatice en modificar el Reglamento Nacional de la Construcción en la sección correspondiente a bloques, implementando una nueva clasificación de tipos de bloques de acuerdo al tipo de agregados y su resistencia. Un mayor control en el acabado de bloques con aristas bien definidas para obtener una mejor estética en el elemento de mampostería.
3. Al ministerio de la vivienda que tome en cuenta esta investigación para un futuro desarrollo de un proyecto de fabricación de bloques livianos para vivienda de enfoque social, impulsando al mismo tiempo un beneficio compartido entre industria y vivienda
4. A la empresa constructora y estudiantes, el seguimiento a este estudio para el impulso de nuevos agregados ligeros que sirva de retroalimentación al publico interesado, que no quede simplemente en una fase investigativa.

# Anexos





## Anexo 1: Reglamento Nacional de la Construcción

### NORMAS MINIMAS DE DISEÑO GENERALES PARA MAMPOSTERÍA

#### Capítulo I

##### Generalidades y Definiciones

##### Arto. 44. Generalidades

Estas normas proveen requerimientos mínimos necesarios para el análisis y diseño de edificios de mampostería. No exime de manera alguna el estudio y cálculo para definir las dimensiones y requisitos a usarse en el diseño y construcción. El sistema de mampostería tendrá capacidad para resistir cargas gravitacionales, cargas sísmicas y las que se den por la presión del viento.

Para el estudio de las cargas de diseño, que comprenden cargas muertas, cargas vivas, cargas de viento, cargas debido a cenizas volcánicas y cargas sísmicas, deberá referirse al título I capítulo IV y título II capítulo I, II y III de las Normas de Diseño Estructural.

En aquellas disposiciones en que se haga referencia a: A.C.I., A.S.T.M., se entenderán complementarias a las Normas aquí establecidas.

##### Art. 45. Definiciones

Se establecen las siguientes definiciones para los términos que aparecen en este título:

##### a) Mampostería Reforzada

Es un sistema constructivo en el que se utilizan muros constituidos de piezas sólidas o huecas de concreto o arcilla, unidas con mortero de calidad apropiada. El espacio libre entre las piezas sólidas llevará el refuerzo horizontal y vertical en forma de malla, las piezas huecas llevarán el refuerzo vertical en las celdas y el horizontal en las juntas o bloques tipo U. El lugar donde va colocado el refuerzo es llenado con concreto fluido;

##### b) Mampostería Confinada

Es un sistema constructivo para resistir cargas laterales en el cual, la mampostería está confinada por marcos de concreto reforzado. Los bloques de mampostería constituyen el alma de un diafragma y los marcos los patines;

##### c) Piezas Sólidas

Se considera como piezas sólidas, aquellas que tengan en su sección horizontal más desfavorable un área neta por lo menos del 75% del área bruta;

##### d) Piezas Huecas

Serán las piezas que presenten en su sección

más desfavorable, un área neta por lo menos del 50% del área bruta y el espesor de sus paredes sea cuando menos igual a 2.5 cm.

##### e) Área Bruta

El área bruta de los bloques será el área total incluyendo las celdas.

##### Arto. 46. Piezas de Mampostería

Las piezas de mampostería consideradas pueden ser de concreto, de arcilla y de cantera. Los bloques de concreto y cantera, deberán poseer una resistencia a la compresión no menor de 55 Kg/ Cm<sup>2</sup> y los bloques de arcilla una resistencia no menor de 100 Kg/ Cm<sup>2</sup> sobre el área bruta.

Todas las piezas de mampostería deberán tener una resistencia mínima a la tensión de 9 Kg/ Cm<sup>2</sup>.

##### Arto. 47. Mortero

Los morteros que se empleen en los elementos estructurales de mampostería, deberán cumplir con los requisitos siguientes:

Su resistencia a la compresión no será menor de 120 Kg/ Cm<sup>2</sup> a los 28 días.

El mortero tendrá que proporcionar una fuerte y durable adherencia con las unidades y con el refuerzo.

29

La junta de mortero en las paredes proporcionará como mínimo un esfuerzo de tensión de 3.5 Kg / cm<sup>2</sup>.

##### Arto 48. Acero de Refuerzo

Para el refuerzo de mampostería, se usarán varillas de acero corrugadas. El acero de refuerzo será ASTM- A-615 grado 40. Se admitirá acero liso de 6 mm en estribos.

El acero de refuerzo usado en mampostería cumplirá con lo estipulado en la Sección 3.5 del A.C.I.

Los traslapes, uniones y anclajes del refuerzo en la mampostería, serán de acuerdo a lo especificado en las Normas de Concreto Reforzado.

#### CAPITULO II

##### Normas Construcciones Generales de Mampostería

##### Arto. 49. Disposición General

Estas Normas comunes a mampostería reforzada y confinada señalan los requerimientos constructivos mínimos que deben cumplir los materiales de la mampostería y el procedimiento constructivo. Las normas específicas de construcción para mampostería



reforzada son tratadas en el Capítulo 5.

Arto. 50. *Materiales.*

Los materiales deberán cumplir las especificaciones mínimas indicadas en las Normas de Diseño y cada fábrica de materiales está en la obligación de controlar sistemáticamente la calidad de sus productos, por medio de ensayo de materiales previamente aprobados por el Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos.

Los materiales de la mampostería deberán cumplir con los requerimientos señalados a continuación.

I. Piezas

- a) Las dimensiones de las piezas de arcilla y concreto no deberán diferir de las variaciones permisibles según Sec. 5 ASTM C-55 y Sec. 3 ASTM C-62
- b) Deberán ser almacenadas en el lugar del proyecto apiladas en forma alternada (un nivel en el sentido longitudinal de la pieza y el siguiente transversal a éste, y así sucesivamente), protegidas contra el agua, de tal forma que la humedad del suelo (lluvia, irrigación, etc.), no sea absorbida por dichas piezas (normalmente sobre tablas de madera). Se recomienda cubrirla con un material impermeable;
- c) Deberá tenerse cuidado de no maltratar las piezas para evitar daños en sus caras exteriores;
- d) Las piezas a usarse deberán estar libres de agrietamientos y no deberán desmoronarse (lo que interfiere en sus resistencia) ,Excepto que ligeras grietas o pequeñas desboronaduras en los bordes o esquinas aparezcan en menos del 5% del total de piezas.
- e) Usar piezas con buena granulometría que reduzcan al mínimo las contracciones, o sea una pieza con gran densidad
- f) Las unidades de concreto deberán estar limpias y secas para evitar esfuerzos de tensión y cortante que ocasionen grietas y las unidades de arcilla deberán estar limpias y previamente saturadas a su colocación. En el caso de la pieza de arcilla, al momento de colocarla, deberá haber absorbido el agua para evitar la flotación del mortero horizontal.
- g) Se deberán escoger unidades al azar para ser ensayadas de acuerdo ASTM C-140 y ASTM C-67, según se trate de piezas de concreto o arcillas y revisadas para el cumplimiento de las especificaciones.

II. Mortero

- a) Los agregados deberán ser almacenados en un lugar nivelado, seco y limpio, generalmente sobre una superficie lisa y dura, donde puedan ser guardados evitando que se mezclen con sustancias deletéreas.
- b) La cal y el cemento deberán almacenarse alejados de la humedad en un lugar cubierto, manteniéndose 15 cm. (6") sobre el suelo y revisados para ver si están frescos, sin grumos y según requerimientos.
- c) Las proporciones de la mezcla de morteros y las características físicas de los materiales deberán mantenerse con precisión constante durante el transcurso 30 del proyecto; en caso de variarse se deberán cumplir las especificaciones requeridas
- d) El agua empleada deberá ser limpia, libre de sustancia deletérea, ácidos, álcalis y materia orgánica.
- e) Se deberá emplear la mínima cantidad de agua que dé como resultado un mortero fácilmente trabajable. Las cantidades a mezclar deberán ser de tal forma que permitan el uso de sacos completos.
- f) El tiempo de mezclado a máquinas, una vez que todos los ingredientes se encuentran en la mezcladora, no debe ser menor de 5 minutos, mezclando primero durante 3 minutos, dejando descansar otros 3 y mezclando luego los 2 minutos. Deberá tenerse un cuidado especial durante los 3 minutos de descanso para evitar la evaporación, cubriendo la abertura o parte superior de la mezcladora. El procedimiento a seguir para el mezclado a máquina es: se echa primeramente el agregado fino con una cierta cantidad de agua (un 10%); luego se inicia el mezclado y se adiciona el cemento, cal si se usa y el agua en pequeñas cantidades mientras la mezcladora está funcionando. Se deberán tomar precauciones para el mortero que queda adherido a la mezcladora después de descargarla. Laboratorio definirá la forma y tiempo de mezclado tanto mecánico como manual.
- g) El mezclado a mano del mortero se permitirá sólo para pequeños trabajos aprobados por el Ingeniero responsable en un recipiente hermético, limpio, humedecido, no absorbente y que no deje escapar el agua del mortero. La máxima cantidad de



mortero hecho en una sola tanda deberá ser como máximo 40 litros.

El procedimiento a seguir para el mezclado a mano es: se extiende primero el cemento y la arena en la batea, mezclándolo en seco (volteando con la pala de afuera hacia dentro) luego se agrega el agua poco a poco y se, mezcla hasta que el mortero esté homogéneo y de la consistencia deseada.

h) No se debe salpicar agua encima del mortero sino haciendo un hueco en la mezcla donde se coloca el agua.

i) Si el mortero empieza a endurecerse podrá remezclarse hasta que vuelva a tomar la consistencia deseada, agregándole agua si es necesario, pudiéndose usar dentro de un lapso de 2½ horas después de su mezclado inicial, no debiendo permanecer más de 1 hora sin remezclarse.

j) No deberán emplearse aditivos ni colorantes en el mortero al tiempo de mezclarse a máquina ó a mano, a menos que sean contemplados en planos y especificaciones o aprobados por el Ingeniero Responsable.

k) Deberán hacerse los ensayos en el laboratorio según ASTM-C-91 si las especificaciones lo exigen o si el Ingeniero Responsable así lo determina.

### III. Concreto

a) Deberá cumplir con los incisos a, b, c y d) del punto II, referente a morteros.

b) Las proporciones de los materiales que compongan la mezcla podrá ser en volumen o peso de acuerdo a las especificaciones de diseño.

c) Todo el equipo que se utilizará en el mezclado de los materiales deberá estar completamente limpio, antes de iniciarse dicho mezclado.

d) El concreto deberá ser distribuido al momento de colocarse, de una manera uniforme para evitar ratoneras o vacíos en el concreto.

e) Deberán hacerse ensayos en el laboratorio, según ASTM, para verificar el cumplimiento de las especificaciones de diseño con un mínimo de tres muestras por cada 10m<sup>3</sup>.

### IV. Refuerzo

a) Deberá almacenarse en el lugar de la obra, evitando que se tuerza o doble, manteniéndolo alejado de la suciedad, lodo, aceite o cualquier otra materia que vaya en detrimento de la adherencia.

b) El óxido superficial no es dañino para la

adherencia, siempre que el peso unitario de un espécimen limpio esté conforme con el 31

peso mínimo y los requisitos de altura de deformación, según ASTM.

c) Deberá cumplir las especificaciones referentes a diámetro, uniones, anclajes y resistencia a la corrosión.

d) Los estribos deberán tener el espaciamiento indicado en los planos, al momento de su colocación.

e) Se deberá colocar conforme al plano y a las especificaciones; en caso contrario, deberá ser aprobado por el Ingeniero Responsable.

f) Deberá quedar totalmente recubierto de concreto según Especificaciones de diseño.

g) Deberán realizarse ensayos según ASTM A-615 cuando el Ingeniero Responsable o el supervisor lo determinen.

### Arto. 51. Procedimiento Constructivo

El procedimiento constructivo a seguir deberá considerar lo siguiente:

a) Antes de colocar la primera hilada, la superficie de la fundación deberá estar limpia, nivelada, ligeramente humedecida, rugosa y libre de agregados sueltos, grasa o cualquier otra sustancia que evitaría que el mortero o concreto alcanzara la adherencia adecuada.

b) La fundación deberá mantener su horizontalidad y verticalidad, descansando la primera hilada firmemente sobre la fundación. Su horizontalidad deberá ser tal que la primera junta horizontal de mortero, mantenga un mismo espesor, permitiéndose en caso de no cumplirse que dicha junta varía entre 0.6 cm (¼") y 2.5 cm (1") en espesor. Su verticalidad debe ser que la mampostería no se proyecte fuera de la fundación, permitiéndose en caso de no cumplirse, una proyección máxima de 1 cm (3/8").

c) Al colocarse la primera hilada, una junta horizontal de mortero, deberá extenderse sobre la fundación en todo el espesor de la pared. En cada caso de bloques huecos, se recomienda llenar todas las celdas de la primera hilada con mortero o concreto fluido.

d) Los bloques deberán colocarse manteniendo la sección horizontal más ancha hacia arriba, lo cual proporciona una mayor área para la colocación del mortero de junta horizontal y mejor manejabilidad para el operario.



Las piezas deberán ser colocadas una encima de otra con juntas alineadas o cuatrapeadas (utilizando medios bloques). Debe evitarse cortar los bloques y en caso de requerirse, deberá hacerse de manera nítida y con la seguridad de obtener la forma deseada.

e) Se debe untar el mortero en las caras verticales exteriores de la pieza, antes de colocarla, en los filos de la superficie, en caso de tener salientes, y si no en toda la cara vertical.

Se pueden untar 3 ó 4 piezas con mortero vertical y colocarlas sobre su posición final presionando sobre la cama de mortero y contra las piezas previamente colocadas, produciendo así la llena de las juntas.

Se deberá colocar el mortero en el espesor longitudinal de las paredes del bloque o en toda la cara en el caso del ladrillo.

Para asegurar una buena unión entre las piezas, el mortero de la junta horizontal no deberá extenderse más allá de las piezas ya colocadas (4), pues se endurece y pierde su plasticidad. Cuando la pieza es colocada, el exceso de mortero que se sale de las juntas deberá limpiarse inmediatamente con la cuchara, pudiéndose echar en el recipiente de mortero y remezclado con mortero fresco, salvo que se caiga sobre el suelo o andamios, en cuyo caso deberá rechazarse.

f) Deberá usarse el nivel para asegurar que estén correctamente alineados, colocados adecuadamente y aplomados.

No deberá moverse ninguna pieza después de su fraguado, si fuera necesario, deberá quitársele el mortero y volver a fijar la unidad con mortero fresco, pues si no se rompería la unión y más tarde sería una fuente posible de roturas.

g) Cualquier parche en las juntas que no quedaron herméticas o rellenos de hoyos dejados por clavos, debe ser hecho con mortero fresco y cuando el mortero adyacente esté a medio fraguar, presionando con un taco de madera,

32 cuando se llenen los hoyos deberá cuidarse de no manchar los bloques adyacentes.

h) El acabado de las juntas horizontales deberá hacerse con barras de 60 cm de longitud para producir una superficie uniforme que una perfectamente los bloques en las aristas. Esto se hará cuando el mortero esté a medio fraguar, pero con suficiente plasticidad para que tenga

adherencia. El tipo "Cóncavo" se logra utilizando una varilla de  $\frac{3}{8}$ "; y la tipo "V" con una de  $\frac{1}{2}$ ".

El acabado de las juntas verticales se efectuará una vez terminado el anterior, mediante pequeñas barras que den la forma deseada. Una vez acabadas todas las juntas, se deberá proceder a quitar todo el exceso del mortero sobrante que se encuentre adherido a las caras de los bloques, limpiando con un cepillo.

i) Las paredes sin terminar deberán protegerse de la lluvia mediante un material impermeable; estas al concluir se deberán mantener húmedas por lo menos durante los primeros 7 días.

### Capítulo III

#### *Normas de Diseño de Mampostería Reforzada* Arto 52. *Generalidades de Diseño*

Las edificaciones de mampostería reforzada estarán compuestas estructuralmente por los siguientes elementos: Unidades de mampostería o bloques, concreto fluido, mortero y el acero de refuerzo. Todos estos componentes que integran la mampostería reforzada no trabajan independientemente ante las distintas cargas. Su comportamiento es el resultado de un trabajo conjunto de todos ellos. En mampostería reforzada, todas las dimensiones tales como longitud total, ancho y altura de pared y aberturas para ventanas, así como también áreas de pared entre puertas, ventanas, esquinas, deberán ser planificadas de tal manera que se utilicen unidades enteras y medias unidades. Todas las dimensiones horizontales serán múltiples de la longitud nominal de las medias unidades y todas las dimensiones verticales serán en múltiplos de la altura nominal total de las unidades.

Las unidades de mampostería deberán ser moduladas para que haya coincidencia de los huecos de una hilada con la hilada superpuesta, en donde se usa refuerzo.

Para facilitar la modulación se recomiendan piezas con relación largo/ancho igual a 2.

#### Arto. 53. *Bloques*

Los huecos del bloque que contiene el acero de refuerzo deberán tener un ancho mínimo de 6.35 cms. El área mínima del hueco, para colado de gran altura, deberá ser de 56.25cm<sup>2</sup>.

#### Arto. 54. *Concreto*

La resistencia a la compresión del concreto fluido a los 28 días no deberá ser menor de 140 Kg /cm<sup>2</sup>.

El revenimiento del concreto fluido ha de ser aproximadamente 20 cm para bloques de baja



absorción (menos del 8%) y 25 cm para unidades de absorción alta (entre el 8% y el 12%).

#### Arto. 55. Juntas

La junta del mortero entre los bloques será de 1 cm. Para alcanzar la junta de 1 cm, la arena será cribada por la malla No. 8.

#### Arto. 56. Refuerzo

El refuerzo horizontal usado en las juntas con el fin de minimizar el agrietamiento consistirá de pequeñas armaduras, formadas al menos por dos alambres No. 9 y su recubrimiento no será menor que 1.5 cm de la cara exterior del bloque. El refuerzo horizontal, serán varillas no menos de  $\frac{3}{8}$ "

El refuerzo vertical colocado en las celdas de los bloques no será menor que varillas de  $\frac{3}{8}$ " y su recubrimiento será como mínimo de 1 cm de la cara interior de la celda.

#### Arto. 57. Esfuerzo de compresión de la mampostería

La resistencia a la compresión última a los 28 días  $f'_m$ , es una de las propiedades más importantes usadas en el diseño de la mampostería reforzada. Este ensayo se hará en prismas o muretes, el cual deberá ser una muestra representativa de la composición real de la pared. Los prismas deben ser contruidos 33

por el albañil usando los materiales y mano de obra utilizada en la estructura. La consistencia del mortero y el concreto fluído, el espesor y acabado de las juntas y el contenido de humedad de las unidades al tiempo de colocación, deben ser las mismas usadas en las estructuras.

El prisma estará formado por lo menos con tres piezas sobrepuestas. La relación altura-espesor del prisma estará comprendida entre 2 y 5.

El esfuerzo medio obtenido en los ensayos de los prismas calculados sobre el área bruta, se corregirá multiplicándolo por los factores de la tabla siguiente:

*Factores correctivos para la Resistencia de los Prismas con diferentes Relaciones de Esbeltez.*  
Relación de esbeltez de los

Prismas. . . . . 2 3 4 5

Factor Correctivo. . . . . 0.77 0.91 1.00 1.05

Para esbelteces intermedias se interpolará linealmente. La resistencia a la compresión de la mampostería se calculará como:

$$f'_m = f_m \left( 1 + 2.5 \frac{CV}{f_m} \right)$$

Donde  $f_m$  = Es el promedio de la resistencia de las pilas ensayadas, corregidas por la

esbeltez.

CV = El coeficiente de variación de la resistencia de los prismas.

La determinación se hará en un mínimo de 9 prismas contruidos, con piezas provenientes de por lo menos 3 lotes diferentes.

#### Arto. 58. Especificaciones Mínimas

Las paredes de mampostería reforzadas deberán cumplir con las siguientes especificaciones mínimas:

a) El espesor mínimo de las paredes soporte de la mampostería reforzada será de 14 cm y la relación de altura a espesor no excederá de 25.

b) Los esfuerzos axiales en paredes soporte de mampostería reforzada, no deberá exceder el valor dado por:

$$f_m = 0.2 f'_m \left( 1 - \left( \frac{h}{t} \right)^3 \right)$$

donde:

$f_m$  = Esfuerzo de compresión axial en paredes de mampostería .

$f'_m$  = Esfuerzo último de compresión en mampostería

$t$  = Espesor de la pared en cm.

$h$  = Distancia de claro no soportada en cm.

c) Toda pared deberá ser reforzada con refuerzo vertical y horizontal. La suma de las áreas del refuerzo horizontal y vertical deberá ser como mínima 0.002 veces el área de la sección transversal de la pared y el área mínima del refuerzo en una u otra dirección no deberá ser menor que 0.0007 veces el área de la sección transversal de la pared. El espaciamiento máximo del refuerzo deberá ser limitado a 1.20 m de centro a centro del refuerzo y deberá ser de  $\frac{3}{8}$ " de diámetro como mínimo. El acero mínimo para vigas sometidas a flexión, no será menor que

$$P_{min} = 5.6 \frac{f_y}{f'_m}$$

Donde  $f_y$  en Kg/Cm<sup>2</sup>

Esta relación podrá ser menor siempre que el área de refuerzo proporcionado sea un tercio mayor que lo requerido por el análisis.

d) El esfuerzo horizontal será provisto, en las fundaciones, en la parte superior de la pared, en techo y niveles de pisos.

Solamente el refuerzo horizontal que es continuo en la pared, puede considerarse en el cálculo del área mínima de refuerzo.

e) En paredes de mampostería reforzada, toda abertura que exceda 60 cm en cualquier dirección, debe proveerse de





acero de refuerzo en todo su contorno con una barra de  $\frac{1}{2}$ " o dos de  $\frac{3}{8}$ " como mínimo y su longitud no será menor de 40 veces el diámetro pero en ningún caso menor que 34

60 cm más allá de las esquinas de las aberturas.

f) Se deberá colocar al menos una barra de  $\frac{3}{8}$ " en dos huecos consecutivos en los extremos del muro y en las intersecciones entre ellos.

g) Los muros transversales que lleguen a tope, sin traslape de pieza, tendrán entre ellos un anclaje mecánico que asegure la continuidad de la estructura.

#### Capítulo IV

##### *Normas Constructivas Mínimas de Mampostería Reforzada*

##### *Arto. 59. Generalidades de Construcción*

Estas Normas junto con las Normas Constructivas generales de Mampostería, mencionadas en el Capítulo III, proveen los requerimientos mínimos y los procedimientos constructivos para la mampostería reforzada. La mampostería reforzada requiere de una buena supervisión para dar cumplimiento a los requisitos generales de diseño y el buen seguimiento del proceso constructivo, que conlleva a dar una modulación apropiada de las celdas como también de la colocación del refuerzo y de las juntas de mortero. La llena correcta de los huecos o celdas verticales mediante el chorreado del concreto fluído es de vital importancia.

##### *Arto. 60. Materiales*

Deberá observarse lo correspondiente a cada caso:

##### *I. Piezas*

Deberán usarse unidades apropiadas en ventanas, puertas y dinteles. Cuando sea necesario cortar las unidades ésta deberá hacerse con un mínimo de daño, usando preferiblemente una sierra.

##### *II. Concreto Fluído*

a) Deberá ser lo suficientemente fluído de 20 a 25 cm de revenimiento sin causar segregación, de manera que permita llenar toda el área donde es clocado sin dejar ratoneras y cubrir completamente el acero de refuerzo.

b) No se recomienda el uso de cal y en caso de utilizarse no deberá exceder 1/10 por parte.

c) Deberá ser mezclado a máquina, durante 5 minutos como mínimo, cuando la cantidad

de concreto a usarse en la obra exceda de 10 m<sup>3</sup>.

d) Deberá colocarse dentro de un lapso máximo de 1½ hora después de completada la mezcla.

e) Cuando el Ingeniero Responsable lo estime necesario, deberá usarse un aditivo apropiado para reducir la pérdida de volumen en el chorreado a gran altura.

##### *III. Refuerzo*

a) El refuerzo, tanto horizontal como vertical deberá cumplir las especificaciones dadas en el diseño en cuanto a recubrimiento mínimo, colocación, traslapes y demás requerimientos.

b) Todo refuerzo deberá estar completamente embebido en el mortero o en el concreto fluído.

##### *Arto. 61. Procedimiento Constructivo*

El procedimiento constructivo a seguir deberá considerar lo siguiente:

a) Las esperas de acero deberán estar en el lugar apropiado, fijados a la viga asísmica con una pendiente no mayor de 2.5 cms (1") horizontal por 15 cm (6") vertical y no menores que las longitudes de anclajes requeridas según el diámetro.

b) Se colocará los bloques de la primera hilada sin mortero, con el objeto de comprobar su correcta distribución.

Para la colocación de la primera hilada, se extenderá la junta horizontal de mortero sobre la viga asísmica, excepto donde va ser chorreado el concreto fluído.

c) El refuerzo vertical deberá estar limpio, pudiéndose colocar en dos formas:

1. Colocándolo previamente de manera que los bloques se deslicen a través de el de arriba hacia abajo.

35

2. Amarrándolo a las esperas ancladas a la fundación por medio de las ventanas de registro, una vez que se ha construido el muro hasta una altura máxima de 2.44 m (8').

Para el caso en que las varillas se coloquen hasta su altura total, éstas deberán sujetarse en sus extremos y a intervalos no mayores de 192 veces el diámetro de la varilla.

d) Para el caso en que el concreto se chorree desde alturas mayores de 1.22 m (4') deberán construirse ventanas de registros de tamaño mínimo de 5 cm X 7.5 cm (2" X 3"), en los bloques de la primera hilada que contienen refuerzos para permitir la



limpieza del mortero y revisar el chorreado del concreto fluído.

e) Se empezarán a levantar las esquinas (niveladas y alineadas) procurando que se encuentren 4 ó 5 hiladas más arriba que el centro de la pared, cuidando siempre su horizontalidad (nivel) y verticalidad (plomo). Cada 3 ó 4 piezas colocadas, se deberá revisar el alineamiento y verticalidad.

Para la colocación de las piezas entre las esquinas, se deberá colocar un hilo que una las esquinas con objeto que sirva de guía (indica el nivel superior) y de esta manera se eliminan las visuales, dando las esquinas apoyo a la lienza y marcando la separación entre hiladas. Cada hilada es escalonada con un saliente de  $\frac{1}{2}$  bloque; la comprobación del espaciamiento entre los bloques puede hacerse por medio de una regla en posición diagonal; si está correcto, todas las esquinas deberán estar alineadas con el eje de la regla.

f) Deberá evitarse que el mortero se proyecte o caiga dentro del espacio que va a chorrearse con concreto fluído, en cuyo caso deberá removerse.

g) Se deberán colocar estribos (gancho) a un máximo de 60 cm (24") en uniones de paredes a tope en los cuales existirá una junta de control que estará especificada en los planos.

h) Los bloques arriba de puertas y ventanas (vigas aéreas deberán chorrearse en una operación continua, cerrando sus extremos herméticamente, para prevenir la segregación del concreto fluído.

i) El refuerzo horizontal deberá ser completamente cubierto de mortero y concreto fluído.

j) Las paredes sin colar deberán apuntalarse adecuadamente durante la construcción para prevenir daños debidos a sismos, vientos u otras fuerzas.

k) El mortero deberá curarse durante 24 horas antes de echar el concreto fluído, para evitar que se dañen las juntas.

l) El concreto fluído se colocará sólo en los huecos donde va el refuerzo, salvo excepciones especificadas en los planos, pudiéndose colocar de dos formas:

#### 1. A Baja altura:

- Los huecos deberán estar libres de obstrucciones y con un área no menor que la especificada en las Normas de Diseño.

- La pared estará levantada hasta una

altura máxima de 1.22 m (4') y chorrearse desde dicha altura.

- El chorreado se detendrá aproximadamente a 5 cm (2') por debajo de la cara superior de la unidad para formar una llave.

- Se compactará manualmente con una pieza de madera de 2.5 cm X 5 cm (1" X 2") de sección ó con un vibrador de cable flexible.

#### 2. A Gran Altura

- El área del hueco deberá tener como mínimo el área especificada en los planos para chorreado a gran altura.

- La pared se levantará hasta su altura total antes de colar. La altura máxima para paredes de 15 cm (6") deberá ser de 2.44 m, para 20 cm (8") 3.66 m y para 30 cm (12") 4.68 m.

- Se colocará el refuerzo amarrándolo a la espera por medio de la ventana de registro.

- Se taparán las ventanas de control después de la inspección y antes del chorreado.

- Se colocará en capas no mayores de 1.22 m (4')

#### 36

- El concreto deberá consolidarse manualmente por medio de una pieza de madera, una varilla de acero ó con vibrador.

- Entre chorreados de 1.22 m (4') se deja transcurrir 30 min como mínimo y no más de 60 min.

- La altura total de cada sección deberá chorrearse en 1 día.

- Si el chorreado se parase por más de 1 hora, la construcción de juntas horizontales deberán formarse dejando de chorrear aproximadamente 5 cm (2") arriba o debajo de la junta horizontal de mortero.

- m) El refuerzo de la viga corona no se deberá colocar hasta haber colado todos los huecos a una distancia de 2.5 cm (1") como mínimo de la cara inferior de la viga, ya que el refuerzo horizontal obstaculiza el paso del concreto fluído.

- n) Se deberá limpiar inmediatamente la pared, en caso de mancharse de concreto fluído.

- o) Deberán mantenerse húmedos los bloques de concreto y la parte superior chorreada del concreto fluído para evitar el secado rápido.



## Capítulo V

### Normas de Diseño de Mampostería Confinada Arto 62. Especificaciones Mínimas

Las paredes de mampostería confinada deberán cumplir con las siguientes especificaciones mínimas

#### I. Vigas y columnas de concreto reforzado

a) Tendrá como dimensión mínima el espesor del muro con un área no menor de:

$$A_c = 5 V$$

$$\sqrt{f' c}$$

donde:

V = Fuerza cortante en el paño confinado en Kg

$A_c$  = Área de concreto en  $\text{cm}^2$

$f' c$  = Esfuerzo de compresión del concreto en  $\text{Kg} / \text{cm}^2$

b) La relación altura/espesor del muro deberá ser menor que 20 y en caso de no cumplirse, se deberá proveer de elementos rigidizantes;

c) Se deberá tratar que el muro tenga la misma altura que las columnas para evitar concentraciones de fuerzas en los tramos libres;

d) Se recomienda que haya simetría para evitar problemas de torsiones en planta que aumenten las fuerzas laterales en los muros;

e) Existirán vigas en todo el extremo horizontal del muro a menos que esté ligado a un elemento de concreto reforzado y en el interior del muro con una separación no mayor de 2.5 m entre ejes;

f) Existirán columnas en los extremos de los muros y en puntos intermedios a una separación no mayor de 3 m entre ejes;

g) El refuerzo mínimo longitudinal en vigas y columnas estará formado por 4 varillas de diámetro igual a  $3/8"$  excepto para zonas 1, 2 y 3 en donde se podrán usar 2 varillas;

h) El esfuerzo longitudinal de las columnas deberá anclarse en la viga corona y su fundación;

i) Los estribos deberán tener un área mínima de varilla:

$$A = 900 s$$

$$b F_y$$

Donde:

s = separación de estribos en cms

b = Ancho de la sección en cms

$F_y$  = Fluencia del acero en  $\text{Kg} / \text{Cm}^2$

j) Los estribos deberán espaciarse no más de 1.5 veces el peralte de la sección ni 25 cms, el que sea menor con un diámetro mayor o

igual a  $1/4"$ .

La sección mínima de viga asísmica será de 0.20 X 0.20 mts con 4 varillas de  $\phi 3/8"$  y estribos cerrados de  $\phi 1/4"$

k) Deberá existir refuerzo alrededor de las aberturas existentes en el muro, según lo especificado en el Inciso g);

l) Se recomienda que el ancho total de las aberturas no deberá ser mayor de  $1/3$  de la longitud de la pared;

37

m) La distancia entre una abertura de una pared exterior y otra pared no deberá ser menor que 50 cms;

n) La distancia entre abertura no deberá ser menor de 50 cms;

o) La distancia entre abertura de una pared interior y otra pared no deberá ser menor que dos veces el espesor de la pared





## Anexo 2: Resultados de cilindros de concreto ligero (pómez).

### Resultados de cilindros sometido a esfuerzo a la compresión.

RELACION A/C <sup>†</sup>	PROPORCION <sup>§</sup>		
	1:5	1:6	1:7
<b>0.4</b>	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 19\text{cm}$ $p = 1846\text{ gr}$ $\text{vol} = 1805.57\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumetrico} = 1022.4\text{ kg / m}^3$ $Wc = 3250\text{ lb}$ $\sigma = 220.64\text{ psi} \approx 15.51\text{ kg / cm}^2$	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 20\text{ cm}$ $p = 2005\text{ gr}$ $\text{vol} = 1900.6\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumétrico} = 1054.9\text{ kg / m}^3$ $Wc = 4050\text{ lb}$ $\sigma = 274.5\text{ psi} \approx 19.33\text{ kg / c m}^2$	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 20\text{ cm}$ $p = 1935\text{ gr}$ $\text{vol} = 1900.6\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumetrico} = 1018.1\text{ kg / m}^3$ $Wc = 4250\text{ lb}$ $\sigma = 288.5\text{ psi} \approx 20.28\text{ kg / c m}^2$
<b>0.5</b>	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 18\text{ cm}$ $p = 1910\text{ gr}$ $\text{vol} = 1710.54\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumétrico} = 1116.6\text{ kg / m}^3$ $Wc = 5500\text{ lb}$ $\sigma = 373.4\text{ psi} \approx 26.25\text{ kg / c m}^2$	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 20\text{ cm}$ $p = 2054\text{ gr}$ $\text{vol} = 1900.6\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumetrico} = 1080.7\text{ kg / m}^3$ $Wc = 5750\text{ lb}$ $\sigma = 390.4\text{ psi} \approx 27.44\text{ kg / cm}^2$	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 20\text{ cm}$ $p = 2010\text{ gr}$ $\text{vol} = 1900.6\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumetrico} = 1057\text{ kg / m}^3$ $Wc = 4200\text{ lb}$ $\sigma = 285.1\text{ psi} \approx 20.04\text{ kg / cm}^2$
<b>0.6</b>	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 18\text{ cm}$ $p = 1995\text{ gr}$ $\text{vol} = 1710.54\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumétrico} = 1116.3\text{ kg / m}^3$ $Wc = 5250\text{ lb}$ $\sigma = 356.4\text{ psi} \approx 25.06\text{ kg / cm}^2$	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 20\text{ cm}$ $p = 2090\text{ gr}$ $\text{vol} = 1900.6\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumetrico} = 1099.6\text{ kg / m}^3$ $Wc = 7200\text{ lb}$ $\sigma = 488.8\text{ psi} \approx 34.37\text{ kg / cm}^2$	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 20\text{ cm}$ $p = 2065\text{ gr}$ $\text{vol} = 1900.6\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumetrico} = 1086.5\text{ kg / m}^3$ $Wc = 6750\text{ lb}$ $\sigma = 458.2\text{ psi} \approx 32.22\text{ kg / c m}^2$

$\varnothing = 11\text{cm}$  el área transversal de cilindro es de; Área =  $14.73\text{ pulg}^2 \approx 95.03\text{ cm}^2$

§ La proporción es conforme al volumen de los materiales.

† La relación agua cemento con respecto al peso, es de esta ecuación que se saca el peso de agua pero no hay que confundirse pues esta no es el agua de diseño (agua de diseño es la de la relación agua cemento mas la absorbida menos la contenida).



### Resultados de cilindros sometido a esfuerzo a la compresión.

RELACION A/C <sup>†</sup>	PROPORCION <sup>§</sup>		
	1:5	1:6	1:7
<b>0.4</b>	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 23\text{ cm}$ $p = 3001\text{ gr}$ $\text{vol} = 2185\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumétrico} = 1377.1\text{ kg / m}^3$ $Wc = 3750\text{ lb}$ $\sigma = 254.58\text{ psi} \approx 17.90\text{ kg / c m}^2$	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 23\text{ cm}$ $p = 2880\text{ gr}$ $\text{vol} = 2185.76\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumétrico} = 1317.62\text{ kg/m}^3$ $Wc = 3750\text{ lb}$ $\sigma = 254.58\text{ psi} \approx 17.90\text{ kg / c m}^2$	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 22.5\text{ cm}$ $p = 2516\text{ gr}$ $\text{vol} = 2138.25\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumétrico} = 1176.67\text{ kg/m}^3$ $Wc = 4000\text{ lb}$ $\sigma = 279.55\text{ psi} \approx 19.7\text{ kg / cm}^2$
<b>0.5</b>	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 22\text{ cm}$ $p = 2840\text{ gr}$ $\text{vol} = 2090.73\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumétrico} = 1358.38\text{ kg/m}^3$ $Wc = 4450\text{ lb}$ $\sigma = 320.10\text{ psi} \approx 21.24\text{ kg / c m}^2$	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 21\text{ cm}$ $p = 2735\text{ gr}$ $\text{vol} = 1995.7\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumétrico} = 1370.45\text{ kg/m}^3$ $Wc = 4300\text{ lb}$ $\sigma = 291.92\text{ psi} \approx 20.52\text{ kg / c m}^2$	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 23\text{ cm}$ $p = 2400\text{ gr}$ $\text{vol} = 2185.76\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumétrico} = 1098.02\text{ kg/m}^3$ $Wc = 3750\text{ lb}$ $\sigma = 254.58\text{ psi} \approx 17.92\text{ kg / c m}^2$
<b>0.6</b>	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 22\text{cm}$ $p = 3000\text{ gr}$ $\text{vol} = 2090.73\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumétrico} = 1434.91\text{ kg/m}^3$ $Wc = 5300\text{ lb}$ $\sigma = 359.81\text{ psi} \approx 25.30\text{ kg / c m}^2$	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 23\text{ cm}$ $p = 3110\text{ gr}$ $\text{vol} = 2185.76\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumétrico} = 1422.85\text{ kg/m}^3$ $Wc = 6250\text{ lb}$ $\sigma = 424.30\text{ psi} \approx 29.83\text{ kg / c m}^2$	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 23\text{ cm}$ $p = 2730\text{ gr}$ $\text{vol} = 2185.76\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumétrico} = 1249.\text{ kg / m}^3$ $Wc = 5250\text{ lb}$ $\sigma = 356.42\text{ psi} \approx 25.1\text{ kg / cm}^2$

$\varnothing = 11\text{cm}$  el área transversal de cilindro es de; Área =  $14.73\text{ pulg}^2 \approx 95.03\text{ cm}^2$ .

§ La proporción es conforme al volumen de los materiales.

† La relación agua cemento con respecto al peso, es de esta ecuación que se saca el peso de agua pero no hay que confundirse pues esta no es el agua de diseño (agua de diseño es la de la relación agua cemento mas la absorbida menos la contenida).



### Resultados de cilindros sometido a esfuerzo a la compresión.

RELACION A/C <sup>†</sup>	PROPORCION <sup>§</sup>		
	1:5	1:6	1:7
<b>0.4</b>	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 22.5\text{ cm}$ $p = 2850\text{ gr}$ $\text{vol} = 2138.25\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumétrico} = 1322.87\text{ kg/m}^3$ $Wc = 3750\text{ lb}$ $\sigma = 254.58\text{ psi} \approx 17.9\text{ kg/cm}^2$	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 23\text{ cm}$ $p = 2850\text{ gr}$ $\text{vol} = 2185.76\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumétrico} = 1303.89\text{ kg/m}^3$ $Wc = 3250\text{ lb}$ $\sigma = 220.64\text{ psi} \approx 15.51\text{ kg/cm}^2$	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 22.5\text{ cm}$ $p = 2600\text{ gr}$ $\text{vol} = 2138.25\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumétrico} = 1215.95\text{ kg/m}^3$ $Wc = 3350\text{ lb}$ $\sigma = 227.43\text{ psi} \approx 16\text{ kg/cm}^2$
<b>0.5</b>	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 22\text{ cm}$ $p = 3020\text{ gr}$ $\text{vol} = 2090.73\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumétrico} = 1444.47\text{ kg/m}^3$ $Wc = 6050\text{ lb}$ $\sigma = 410.72\text{ psi} \approx 28.88\text{ kg/cm}^2$	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 22\text{ cm}$ $p = 2950\text{ gr}$ $\text{vol} = 2090.73\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumétrico} = 1410.99\text{ kg/m}^3$ $Wc = 4300\text{ lb}$ $\sigma = 291.92\text{ psi} \approx 20.52\text{ kg/cm}^2$	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 22\text{ cm}$ $p = 2700\text{ gr}$ $\text{vol} = 1291.41\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumétrico} = 1291.41\text{ kg/m}^3$ $Wc = 3000\text{ lb}$ $\sigma = 203.67\text{ psi} \approx 14.32\text{ kg/cm}^2$
<b>0.6</b>	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 22\text{ cm}$ $p = 2195\text{ gr}$ $\text{vol} = 2090.73\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumétrico} = 1394.25\text{ kg/m}^3$ $Wc = 6000\text{ lb}$ $\sigma = 356.4\text{ psi} \approx 25.06\text{ kg/cm}^2$	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 22\text{ cm}$ $p = 3090\text{ gr}$ $\text{vol} = 2090.73\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumétrico} = 1477.95\text{ kg/m}^3$ $Wc = 6900\text{ lb}$ $\sigma = 468.43\text{ psi} \approx 32.93\text{ kg/cm}^2$	$\varnothing = 11\text{cm}$ $h = 20\text{ cm}$ $p = 2180\text{ gr}$ $\text{vol} = 1900.6\text{ cm}^3$ $\text{Peso volumétrico} = 1146.97\text{ kg/m}^3$ $Wc = 5750\text{ lb}$ $\sigma = 390.36\text{ psi} \approx 27.44\text{ kg/cm}^2$

$\varnothing = 11\text{cm}$  el área transversal de cilindro es de; Área =  $14.73\text{ pulg}^2 \approx 95.03\text{ cm}^2$

§ La proporción es conforme al volumen de los materiales.

† La relación agua cemento con respecto al peso, es de esta ecuación que se saca el peso de agua pero no hay que confundirse pues esta no es el agua de diseño (agua de diseño es la de la relación agua cemento mas la absorbida menos la contenida).

### Especímenes de concreto de agregado de pómez Foto # 43



En la foto se observa los cilindros ya efectuado la prueba a la fatiga a los 28 días de edad.

Foto # 44



Foto # 45

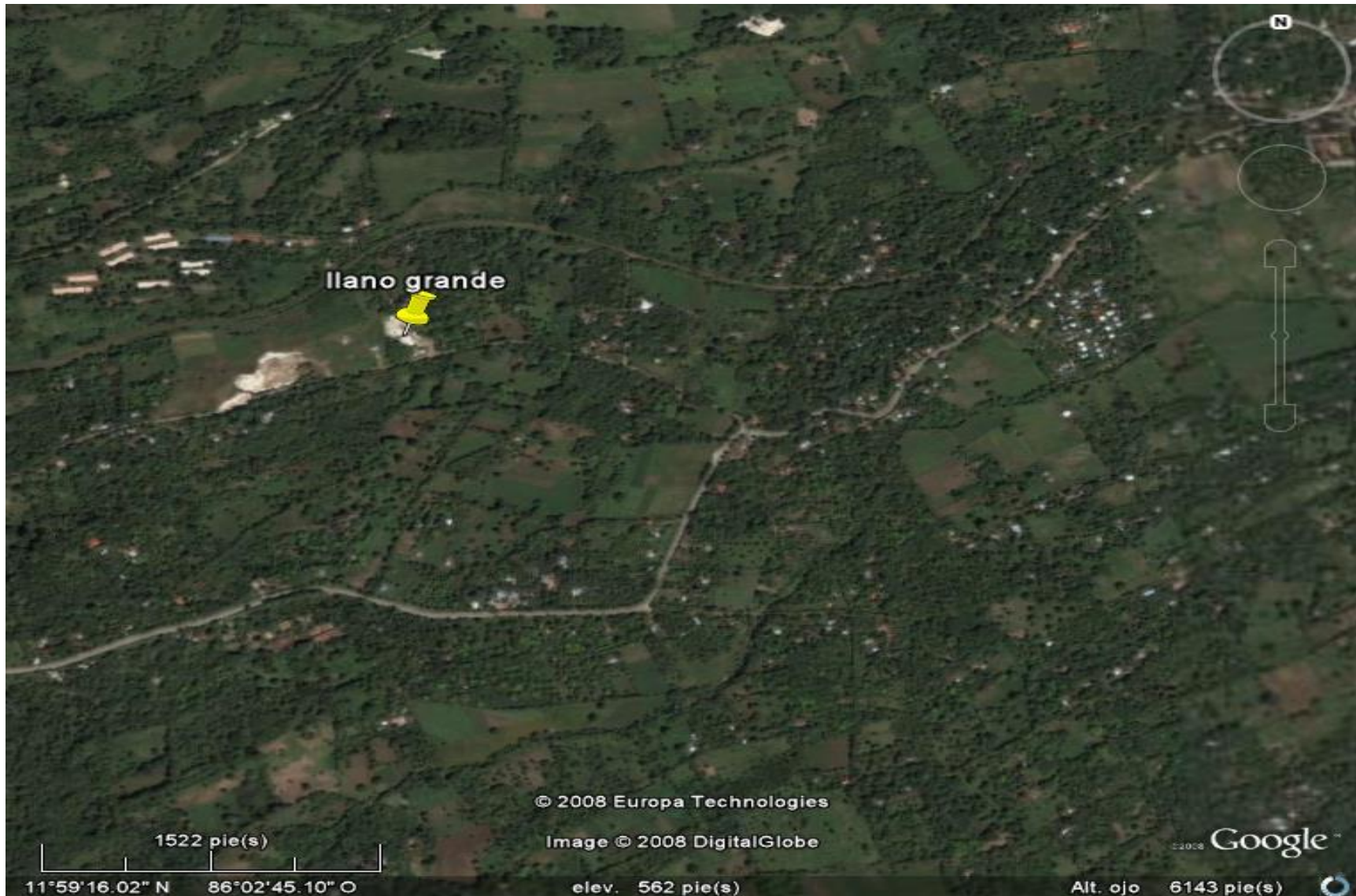


Foto # 46





### ANEXO 3. Ubicación del banco llano grande, las flores, Masaya.





## **Anexo 4: Estudio de bancos de materiales**

### **Bancos de materiales.**

#### **Localización de bancos:**

Localizar un banco es mas que descubrir un lugar en donde exista un volumen alcanzable, y explotable de suelos o rocas que pueda emplearse en la construcción, satisfaciendo las especificaciones de calidad de la institución constructora y los requerimientos de volumen del caso. La localización tiene otras muchas implicaciones, ya que debe garantizar que los bancos elegidos son los mejores entre todos los disponibles en varios aspectos que se interrelacionan estos son:

1. La calidad de los materiales extraíbles, juzgada en relación estrecha con el uso a que se dedicaran.
2. Tienen que ser los más fácilmente accesibles y los que se puedan explotar por los procedimientos más eficientes y menos costosos.
3. Que produzcan las mínimas distancias de acarreo de los materiales a la obra ya que es de importancia la repercusión en los costos.
4. Tienen que ser los que conduzcan a los procedimientos constructivos mas sencillos y económicos durante su tendido y colocación final en la obra, requiriendo los mínimos tratamientos.
5. Los bancos deben estar localizados de tal manera que su explotación no conduzca a problemas legales de difícil o lenta solución y que no perjudiquen a los habitantes de la región, produciendo injusticias sociales.



### **Exploración y muestreos de bancos:**

La exploración de una zona en la que se pretende establecer un banco de materiales debe tener las siguientes metas:

1. Determinación de la naturaleza del depósito, incluyendo toda la información que se pueda obtener sobre geología, historia de explotaciones previas, relaciones con escurrimiento de agua superficial, etc.
2. Profundidad, espesor, extensión y composición de los estratos de suelo o roca que se pretendan explotar.
3. Situación del agua subterránea, incluyendo posición y variaciones de nivel freático.
4. Obtención de toda la información posible sobre las propiedades de los suelos y rocas, los usos que de ellos se hallan hecho, etc.

La investigación completa esta formada por tres etapas:

1. Reconocimiento preliminar, que debe incluir la opinión de un geólogo. En esta etapa debe considerarse esencial el contar con el estudio geológico de la zona, por sencillo que sea.
2. La exploración preliminar, en la que por medio de procedimientos simples y expeditos, pueda obtenerse información sobre el espesor y composición del suelo, la profundidad del agua freática y demás datos que permitan, en principio, definir si la zona es prometedora para la implantación de un banco con las características que se busca y si, por consiguiente, conviene continuar con la investigación, sobre ella.
3. La exploración definitiva, en la que por medio de sondeos y pruebas de laboratorio han de definirse detalladamente las características ingenieriles de los suelos y las rocas encontradas.

**Explotación de bancos;**

La explotación de bancos de rocas o suelos se hace utilizando determinados equipos con características y usos bien establecidos por la experiencia previa de construcción. La selección de equipos adecuados para un caso particular será función de tres factores fundamentales:

1. La disponibilidad de equipo.
2. El tipo de material por atacar.
3. La distancia del acarreo del material.

Establecida la clase de equipo, su tamaño esta en función del volumen de la obra por ejecutar, del tiempo en que dicha obra debe realizarse y del espacio disponible para las maniobras. En muchos países de desarrollo industrial, limitados al aspecto de disponibilidad de equipos resulta decisivo. En la actualidad existen maquinas sumamente diversificadas, cuya utilización conjunta y racionalmente programada permite explotaciones muy eficientes y económicas, pero es norma común en muchas naciones en que pueden disponerse en forma general de parque de maquinaria tan especializados; deben tenerse presentes que, en esos países la adquisición de maquinas es usualmente.

**Técnicas procedimientos y prácticas de muestreo.**

El muestro y identificación de material en el subsuelo envuelve completas técnicas competentes por muchos procesos diferentes y interpretaciones. Estas están influenciadas por; condiciones geológicas y geográficas, propósito de investigación y por el trasfondo, aprendizaje y experiencia ingenieril. Algunos de estos procesos se rigen con la norma ASTM D 420-69 (investigación y muestreo de suelos y rocas para procesos ingenieriles).

Esta recomendación de practicas para la investigación y muestreo de suelo y roca basado dentro de proceso estándares, el proceso de disminución de mucho de las actuales inconsistencias y asistirse en eventuales establecimiento de métodos de sondeo y evaluación de la ubicación.





### **Muestreo de fuente natural.**

Si la fuente que ha de muestrearse presente frentes expuestos en donde pueda apreciarse la formación del banco, se practicara en el frente una serie de incisiones verticales que abarque todo el frente o parte del mismo, las que se llevaran hasta la profundidad que se explotara. Todo el material extraído de cada uno de las incisiones deberá depositarse sobre una lona formando un cono para luego mezclarlo y ahí tomar la muestra por cuarteo. Deberá evitarse la segregación para que la muestra represente la granulometría y calidad del banco. El número de incisiones verticales así como el número de muestra a tomarse del frente, dependerá del tamaño del banco y de su uniformidad.

Para determinar la capacidad del banco, así como las posibles variaciones del mismo, deberán efectuarse sondeos en la parte superior en el número suficiente para abarcar en el área a explotar en dicho sondeo se tomaran muestras procurando que las mismas contengan material de todas las profundidades estudiadas. Si en el frente se ve que el banco esta formado por varias capas, se tomara muestra de cada uno de ellos para determinar su influencia en las propiedades de la fuente. Convienen tomar muestras que abarquen todos los estratos para conocer el comportamiento del conjunto. La muestra de los estratos individuales se tomaran siguiendo la forma del estrato.

Para efectuar las perforaciones en la parte superior del banco es necesario recurrir a procedimientos especiales que permitan muestrear el espesor estudiado. Entre estos procedimientos se pueden mencionar: el uso de perforadoras mecánicas equipadas con toma-muestra especiales y la ejecución de sondeos a cielo abierto, asiendo uso de equipo mecánico (palas, tractores, etc.) Para efectuar la excavación o bien la excavación manual.

De los dos procedimientos mencionados en segundo es el mas preciso ya que permite determinar la uniformidad del banco y tomar la muestra con mayor exactitud. Entre las fuentes naturales el que predomina los frentes expuestos se encuentran las



minas. Esta situación puede deberse a factores como el paso de una carretera, un ferrocarril, o por efecto de socavación que deja cortes donde queda al descubierto dicha fuente.

### **Ubicación de las fuentes, de los sondeos, e identificación de la muestra.**

Como parte complementaria del estudio y localización de una fuente de piedra pómez, están: la ubicación de la fuente, de los sondeos y la identificación de la muestra.

La ubicación se visualiza mas fácilmente haciendo uso de mapas o diagramas en los que se colocan la fuente con su camino de acceso, el proyecto donde se usara, extensión distancia de la obra, tipo de material, tipo de fuente, y así como otros datos que faciliten el rápido conocimiento donde esta ubicado el banco de piedra pómez.

Haciendo uso de mapas o diagrama se evita el engorroso legajo de papeles que se emplearían para detallar el sitio estudiado, además de que podría presentarse en caso de olvidarse de una serie de datos que resulta más fácil recordarlo al dibujar un diagrama y un plano.

En un plano o diagrama que presenta únicamente la planta de la fuente, se ubica todos los sondeos efectuados, colocando a la par de cada sitio perforado los siguientes datos: Numero de sondeos, profundidad, estrato de que esta compuesto, espesor de los mismos, e identificación de las muestras tomadas en cada estrato.

Es sumamente dejar identificada toda la muestra que se toman de cada sondeo de la fuente de estudio. Dicha identificación toma un papel decisivo en caso de que se ha necesario efectuar excavaciones selectiva con el objeto de retirar la zona desechables de la fuente.

Para identificar la muestra una vez que se ha colocado en el recipiente o envase en que se transportara, es preciso colocar dentro y fuera del mismo, unas tarjeta que contenga como mínimo los siguientes datos: nombres de la fuente, numero de sondeo,



profundidad de que es representativa la muestra, numero de la muestra, fecha de muestreo y nombre de la persona que la tomo. Debe dejarse un espacio para ser llenado con el número de registro que se le designara en el laboratorio donde se ensayara.

Cuando exista una fuente de donde se ha tomado una serie de muestra con el objeto de limitar zonas desechables, y la calidad de la zona aprovechable, es aconsejable que el encargado del estudio entregue personalmente las muestras y que además especifique con claridad las pruebas a que se someterán cada una de las muestra.

Lo anterior es de gran ayuda para dictaminar sobre la calidad de la fuente de pómez, y en caso que sea la misma persona que efectuó el estudio de campo la que dictaminara sobre la calidad de la fuente dicho procedimiento le dará mayor visualización del problema que se le presenta y podrá ajustarse a una recomendación mas adecuada en cuanto al uso del banco de pómez.

### **Pruebas de laboratorio y normas que rigen el estudio de bancos:**

Los bancos de suelos han de mostrarse para conocer en el laboratorio las características que interesen para definir o autorizar su uso.

Al tratar con bancos de suelo o materiales que vayan a usarse, también es frecuente que se distinga un conjunto de pruebas dentro de una etapa de estudio preliminar, de otras pruebas que se hagan posteriormente con carácter definitivo.



En general las pruebas están divididas en tres tipos:

1. Las de clasificación.
2. Las que tienen por objeto establecer la calidad de los materiales, que entre otras cosas, permitirán establecer si se cumplen las normas mínimas que establezcan la institución constructora.
3. Las pruebas de diseño propiamente dicho.

### **Aspecto legal para la explotación de yacimientos minerales en nicaragua.**

La nueva Ley de Minas, Ley 387, de la constitución política de nicaragua, define:

- ❖ Artículo 40: “Se entiende por Pequeña Minería, el aprovechamiento de los recursos mineros que realizan personas naturales o jurídicas, que no excedan una capacidad de extracción y/o procesamiento de 15 toneladas métricas por día”.
- ❖ Artículo 41: “Se entiende por Minería Artesanal, el aprovechamiento de los recursos mineros que desarrollan personas naturales de manera individual o en grupos organizados, mediante el empleo de técnicas exclusivamente manuales”.
- ❖ Arto. 56 del Decreto N° 119-2001 Reglamento de la Ley 387, Ley Especial sobre Exploración y Explotación de Minas, dice en el capítulo V De la Pequeña Minería y Minería Artesanal: “la DGRN podrá celebrar Convenios de Delegación de Atribuciones con las Alcaldías para el otorgamiento de un permiso conforme a lo establecido en el artículo 11 de la Ley de Municipios”



## **Proceso de producción.**

### **1. Descapote.**

En pocas ocasiones se observa una preparación previa de la cantera, ésta es descubierta mediante la remoción de la capa vegetal, acto seguido se remueve la capa de estéril; hasta exponer el yacimiento.

#### **❖ Sistema a cielo abierto**

- Es el más apropiado por las características que presenta el yacimiento.
- Por las características físicas del material.
- Por presentar mayor seguridad para las personas que se dedican a su extracción.
- Afectación Sensible al ambiente.

#### **Foto # 47**

**Se aprecia en que consiste el sistema a cielo abierto.**







## 2. Extracción.

En la Pequeña Minería las técnicas usadas para la extracción del mineral son: Arranque manual con punta (pico), pala, barra con punta, equipo mecánico.

Se extrae manualmente el material del yacimiento.

**Foto # 48**



**Extracción manual del material de Pómez.**



### **3. Clasificación.**

- Es un proceso de selección del producto según el tamaño demandado por el consumidor. Generalmente el tamaño requerido oscila entre 3 a 5 pulgadas de diámetro.

- Al nivel actual de explotación de la pómez, esta se realiza en forma manual, en Cribas rectangulares o bien en Cribas de canastos.

- Permite separar los productos finos no aptos para el uso industrial.

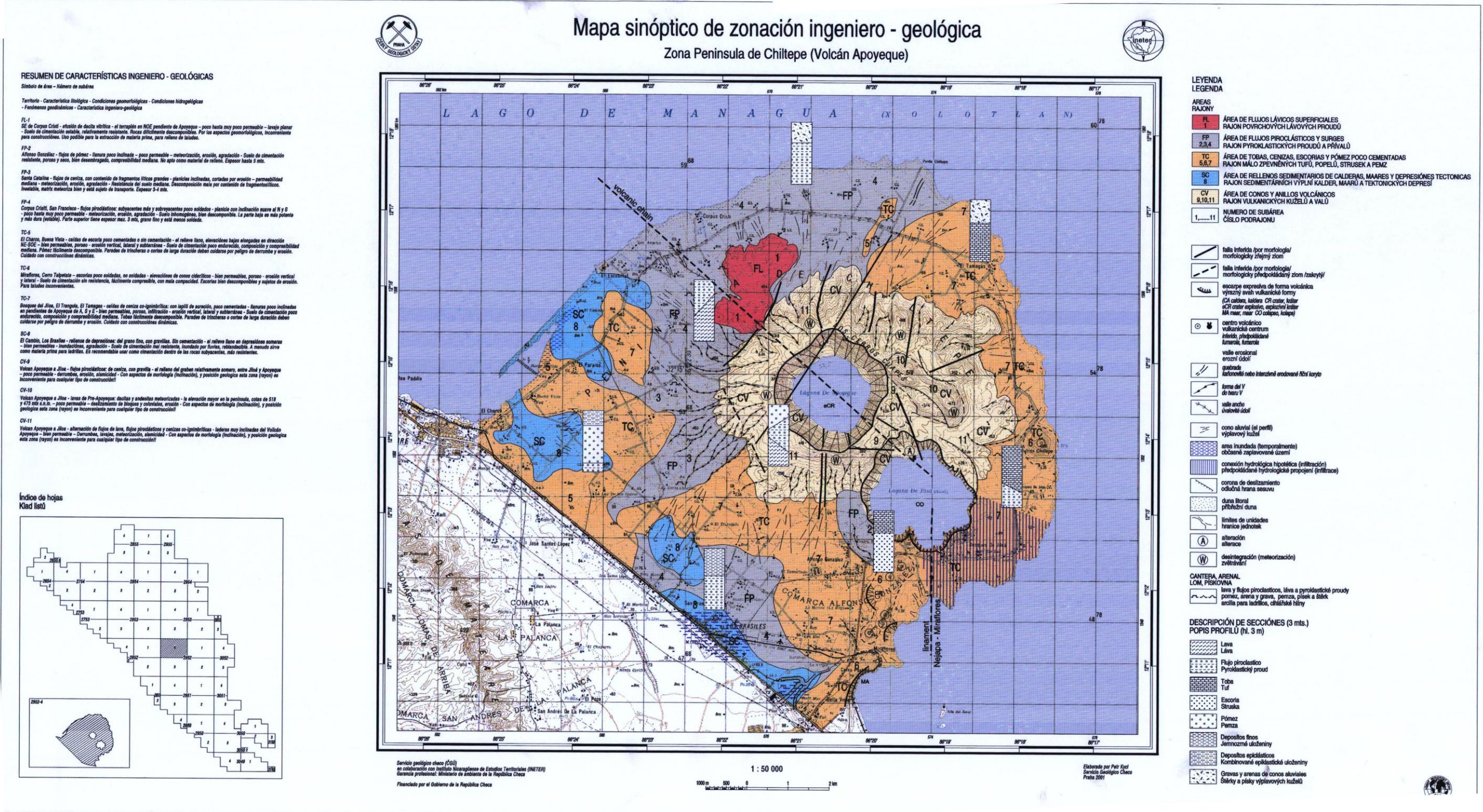
### **4. Acopio del Producto Final.**

Se seleccionan sitios exclusivos para el almacenamiento temporal de la materia prima que garantice la operación sostenida de la industria consumidora.





Anexo 5.

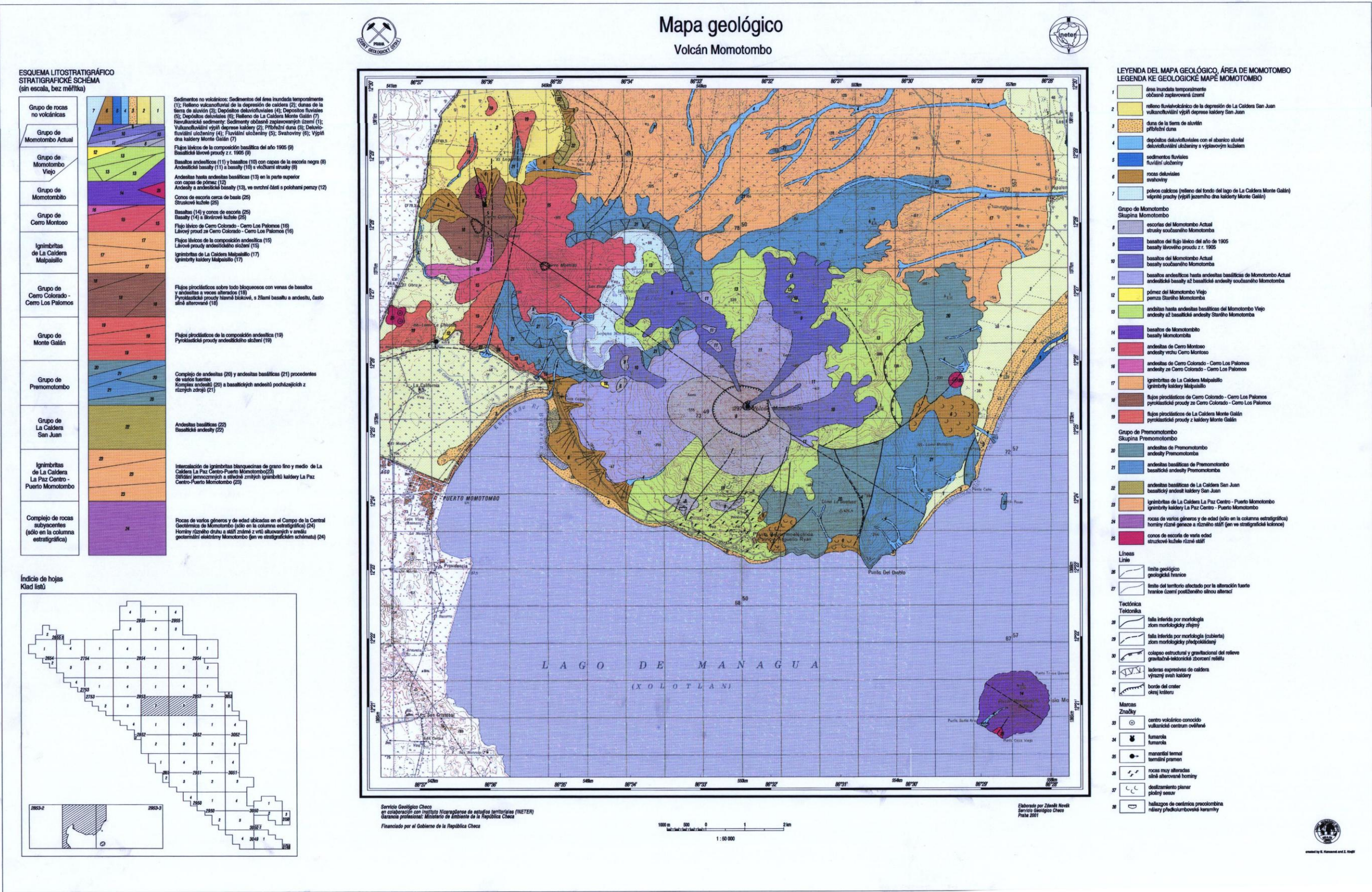




## Análisis de origen dinámico del relieve



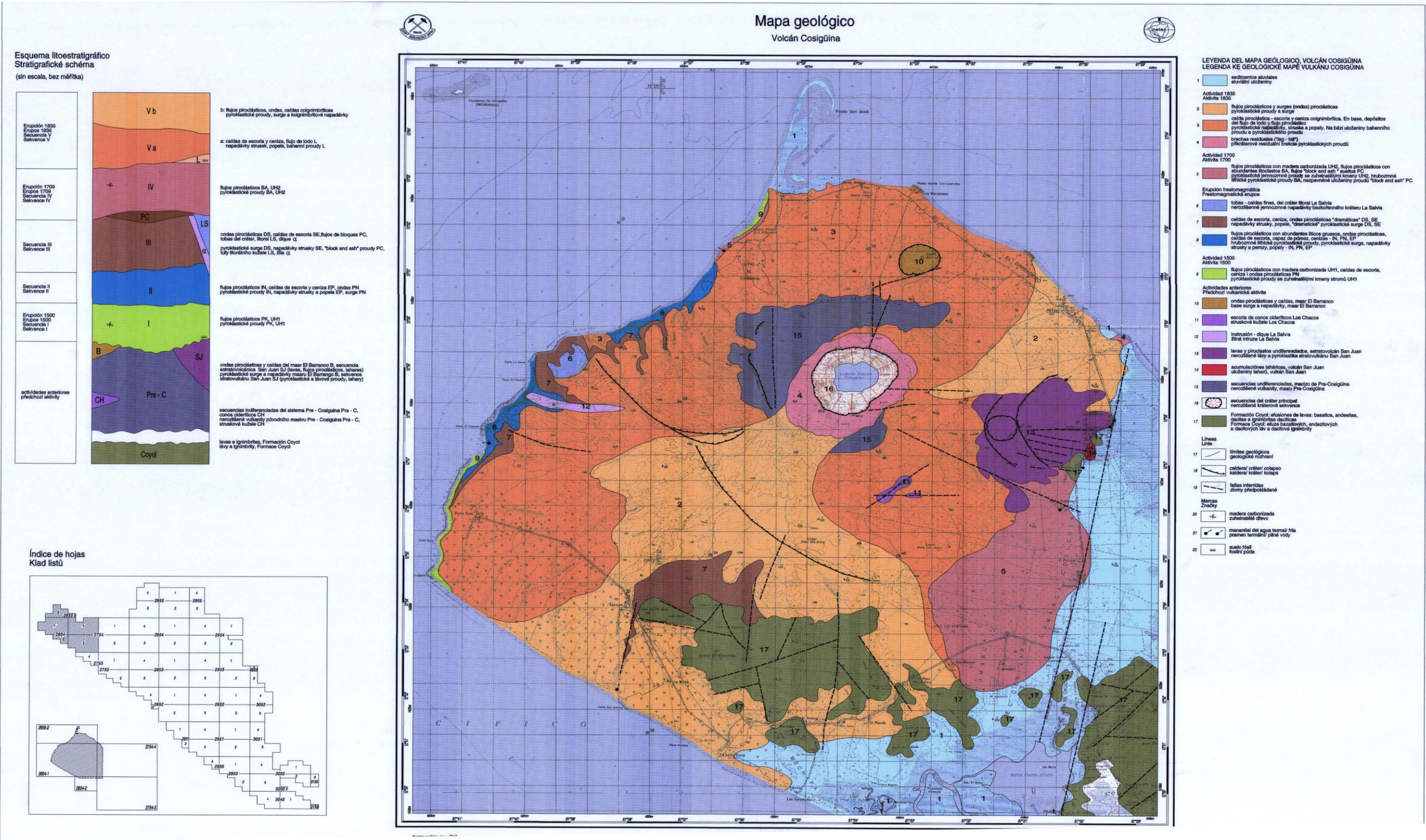
Anexo 7.







Anexo 8







## Bibliografía.

- Concrete Masonry Handbook for Architects, Engineers,  
Builders. ....Frank A. Rendall, Jr.  
William C. Panarese
- Mampostería de bloques de concreto y recomendaciones  
para su uso en viviendas .....Calderón Campos  
Bayardo (monografía, unan  
1976).
- Bloques utilizando mortero dosificado por el método  
O' Relly.....Dávila Gaitán Edwin  
(monografía, unan, 1985).
- Estudio sobre concreto liviano a base de agregados  
obtenible en Nicaragua .....Suárez Contreras, Rene  
Ricardo (monografía, unan,  
1970).
- Estructuras de concretos de hormigón manual  
práctico.....Edwin H. Gaylord, Jr.  
Charles N. Gaylord.  
Jeremy Robinson.
- Concreto de cemento portland y asfálticos.....Thomas D. Larson.
- Compressive Strength of composite brick and concrete  
masonry walls .....Thomas B. Redmond,  
Dean C. Patterson.
- Arena para concretos.....Jaime Icabalceta Mayorga.  
(monografía, unan, 1969).
- Normas Americanas. (America Society Testing of Materials)
- Normas Británicas de bloque de concreto precolado (B.S. 2028).